

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU

Uusiutuvan energian koulutus

Ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Toni Seilonen

KYSYNTÄÄN PERUSTUVA KANNATTAVA ENERGIAPUUN
KASVATUS METSÄHALLITUKSEN TURVETUOTANNOSTA
POISTUVILLA MAAPOHJILLA JA HIESKOIVUN KASVATUKSEEN
SOVELTUVILLA TURVEMAILLA

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018



OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2018
Uusiutuvan energian koulutus
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
p. (013) 260 600

Tekijä(t)
Toni Seilonen

Nimeke
Kysyntään perustuva kannattava energiapuun kasvatus Metsähallituksen turvetuotannosta poistuvilla maapohjilla ja hieskoivun kasvatukseen soveltuvilla turvemailla

Toimeksiantaja
Metsähallitus Metsätalous Oy

Tiivistelmä

Suomi on sitoutunut useisiin ilmastopöytäkirjoihin, jotka tähtäävät fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämiseen. Tärkeässä asemassa sopimusten tavoitteiden täyttämisessä on uusiutuvien energianlähteiden hyödyntäminen fossiilisten polttoaineiden sijasta. Opinnäytetyö toimii esiselvityksenä Metsähallituksen tarpeeseen varautua oletettuun energiapuun kysynnän kasvuun tulevana vuosina ja vuosikymmeninä.

Opinnäytetyössä selvitettiin Metsähallitukselle sekä turvetuotannosta vapautuvien suonpohjien että muiden Metsähallituksen hieskoivun kasvatukseen soveltuvien turvema-alueiden mahdollista hyödyntämistä energiapuun tuotantoon kannattavasti.

Aihepiirin tutkimusten mukaan energiapuun kasvattaminen kannattavasti turvemailla on mahdollista. Energiapuun lyhytkiertokasvatuksessa puustoa kasvatetaan tiheikkönä ilman taimikonhoitotoita tai harvennushakkuuta. Toiminnan kannattavuus perustuu lyhyeen kiertoaikaan, pieniin metsikön perustamiskustannuksiin sekä seuraavien sukupolvien uudistumiseen kantovesoista.

Kieli

Sivuja 60

suomi

Asiasanat

Metsähallitus, energiapuu, lyhytkiertokasvatus, hieskoivu



THESIS
April 2018
Master's Degree Programme
in Renewable Energy

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
p. (013) 260 600

Author (s)
Toni Seilonen

Title
Demand-Based Profitable Energy Wood Production in the Former Peat Production Areas of Metsähallitus and Other Peatlands Suitable for the Growth of Downy Birch

Commissioned by
Metsähallitus Forestry Ltd.

Abstract

Finland is committed to several climate agreements that aim to decrease the use of fossil fuels. Utilization of renewable energy sources instead of fossil fuels plays an important role in reaching the goals of these agreements. This thesis is a preliminary study for the needs of Metsähallitus to anticipate the assumed growth of demand in energy wood in the coming years and decades.

In this thesis, it was clarified whether the former peat production areas released to the use of Metsähallitus, and other peatland areas of Metsähallitus are suitable for growing downy birch, as well as their profitable use for energy wood production.

Studies of this theme show that profitable energy wood production is possible in peatlands. In energy wood production timber should be grown as thickets without any pre-commercial thinning or harvesting. The profitability of energy wood production is mostly based on short rotation, low stand establishment costs and coppice regeneration of the following generations.

Language

Pages 60

Finnish

Keywords

Metsähallitus, energy wood, short-rotation biomass production, downy birch

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Biotalous ja bioenergia.....	7
2.1	Biotalous	7
2.2	Bioenergia.....	8
3	Energiapuu	10
3.1	Energiapuun käyttö Suomessa	10
3.2	Energiapuun kasvatus	12
3.3	Energiapuuksi soveltuvat puulajit.....	14
3.3.1	Pajut	14
3.3.2	Hybridahaapa.....	15
3.3.3	Harmaaleppä	16
3.3.4	Hieskoivu	16
3.3.5	Muut puulajit	17
3.4	Lyhytkiertaisen energiapuun kasvatuksen kannattavuus.....	17
4	Energiapuun kasvatus käytöstä poistuneilla turvetuotantoalueilla	19
4.1	Turvetuotantoalueiden jälkikäyttö	19
4.2	Suonpohjan metsittäminen	22
4.3	Suonpohjan metsittämiseen soveltuvat puulajit	25
4.4	Hieskoivun kasvatus suonpohjalla	25
4.5	Pajut suonpohjalla	28
5	Hieskoivun energiapuukasvatus turvemaiden alueilla	29
5.1	Hieskoivulle uudistettavia erikoiskohteita.....	30
5.2	Tutkimustuloksia turvemaiden hieskoivikoiden kasvatusvaihtoehtoista ja kannattavuudesta	31
6	Metsähallitus.....	34
6.1	Metsähallitus Metsätalous Oy	35
6.2	Metsähallitus Metsätalous Oy:n energiapuuliiketoiminta	36
7	Opinnäytetyön tarkoitus ja tehtävät.....	37
7.1	Opinnäytetyön tarkoitus	37
7.2	Opinnäytetyön tehtävät.....	38
7.2.1	Turvetuotannosta vapautuvat alueet.....	38
7.2.2	Hieskoivun kasvatukseen soveltuvat turvemaat	39
8	Toiminnallisen opinnäytetyön vaiheet ja menetelmät.....	39
8.1	Työvaiheet turvetuotannosta vapautuvien alueiden osalta	40
8.2	Turvemaiden hieskoivikoihin liittyvät työvaiheet.....	40
9	Aineiston käsittely ja tulokset	41
9.1	Turvetuotannosta jälkikäyttöön vapautuvat alueet	41
9.1.1	Käytetty aineisto	41
9.1.2	Aineiston käsittely	42
9.1.3	Tulokset turvetuotannosta vapautuville alueille.....	44
9.2	Hieskoivun kasvatukseen soveltuvat turvemaat Metsähallituksen hallinnoimilla mailla.....	46
9.2.1	Käytetty aineisto ja sen käsittely	46
9.2.2	Turvemaiden hieskoivikoihin liittyvät tulokset.....	46
10	Toimintatapojen kehittäminen	47
10.1	Kannattava energiapuun kasvatus jälkikäyttöön vapautuneilla turvetuotantoalueilla.....	47

10.1.1	Toimenpiteet hieskoivun kasvatukseen suonpohjalla	48
10.1.2	Kasvatusmenetelmät	49
10.1.3	Ehdotuksia toiminnan kehittämiseen.....	50
10.2	Kannattava energiapuun kasvatusta turvemaiden hieskoivikoissa	50
10.2.1	Turvemaiden hieskoivikoiden käsittely.....	52
10.2.2	Kasvatuskohteiden valinta	53
10.2.3	Toiminnan kehittäminen turvemaiden hieskoivikoissa	54
11	Pohdinta.....	55
	Lähteet.....	57

1 Johdanto

EU:n ilmasto- ja energiapakettia mukaillen Suomen hallitus hyväksyi kansallisen energia- ja ilmastostrategian 24.11.2016 (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017, 7). Strategian tavoitteiden mukaisesti Suomi sitoutui EU:n pitkän aikavälin tavoitteeseen vähentää kasvihuonekaasupäästöjä vuoteen 2030 mennessä 40 % ja vuoteen 2050 mennessä 80 - 95 % vuoden 1990 tasosta (Ympäristöministeriö, maa- ja metsätalousministeriö & työ- ja elinkeinoministeriö 2015a). Yksi tärkeimmistä tavoitteen mahdollistavista tekijöistä on uusiutuvien energianlähteiden lisääntyvä hyödyntäminen fossiilisten polttoaineiden sijasta.

EU:n asettaman tavoitteen mukaisesti Suomen tulee tuottaa uusiutuvilla energialähteillä 38 % energian loppukulutuksesta vuoteen 2020 mennessä. Kansallisesti Suomi on sekä hallitusohjelmassa että energia- ja ilmastostrategiassa asettanut tavoitteeksi, että uusiutuvien energianlähteiden osuus nousee yli 50 prosenttiin 2020-luvulla ja pitkän aikavälin tavoitteena on olla hiilineutraali yhteiskunta. (Maa- ja metsätalousministeriö 2017). Muun muassa edellä mainittujen tavoitteiden vuoksi myös puupohjaisten polttoaineiden käyttöä on pyrittävä lisäämään huomattavasti tulevinä vuosina ja vuosikymmeninä.

Metsähallituksen hallinnoimilla turvemailla kasvaa hieskoivikoita, joita ei etenkin pohjoisemmassa Suomessa ole mahdollista kasvattaa tukkipuun mitta- ja laatuvaatimukset täyttäväksi kasvatusmenetelmistä riippumatta. Näin ollen hieskoivut hyödynnetään pääasiassa kuitupuuteollisuudessa. Energiapuun hinta on pysytellyt suhteellisen vakaana kuitupuun hintaan nähden, ja oletetun energiapuun lisääntyvän kysynnän takia energiapuun hinnan ei oleteta ainakaan laskevan. Turvemaiden hieskoivikoiden kasvatusta on tutkittu jo vuosikymmeniä, ja tutkimusten mukaan hieskoivua on mahdollista kasvattaa kannattavasti energiapuuksi tiheissä asennoissa ja lyhyellä kiertoajalla.

Tämä opinnäytetyö toimii esiselvityksenä Metsähallituksen hallinnoimien turve-
maiden hieskoivikoiden sekä turvetuotannosta vapautuvien suonpohjien mahdol-
liseen hyödyntämiseen energiapuun kasvatuksessa siten, että toiminta on talou-
dellisesti kannattavaa.

2 Biotalous ja bioenergia

2.1 Biotalous

Biotalous tarkoittaa tuotantoa, jossa uusiutuvia luonnonvaroja käytetään ravin-
non, energian, tuotteiden ja palvelujen tuottamiseen (Ympäristöministeriö, Maa-
ja metsätalousministeriö & Työ- ja elinkeinoministeriö 2015b, 6). Biotalous-
udessa on pyrkimyksenä myös kehittää ja tuottaa uusiutuviin materiaaleihin liittyviä
innovaatioita ja teknologioita (Sitra 2017). Biotalousperiaatteiden mukaan
luonnonvaroja käytetään ja kierrätetään tehokkaasti ja näin voidaan vähentää
riippuvuutta fossiilisista luonnonvaroista sekä ehkäistä ekosysteemien köyhty-
mistä. (Ympäristöministeriö ym. 2015b, 6.)

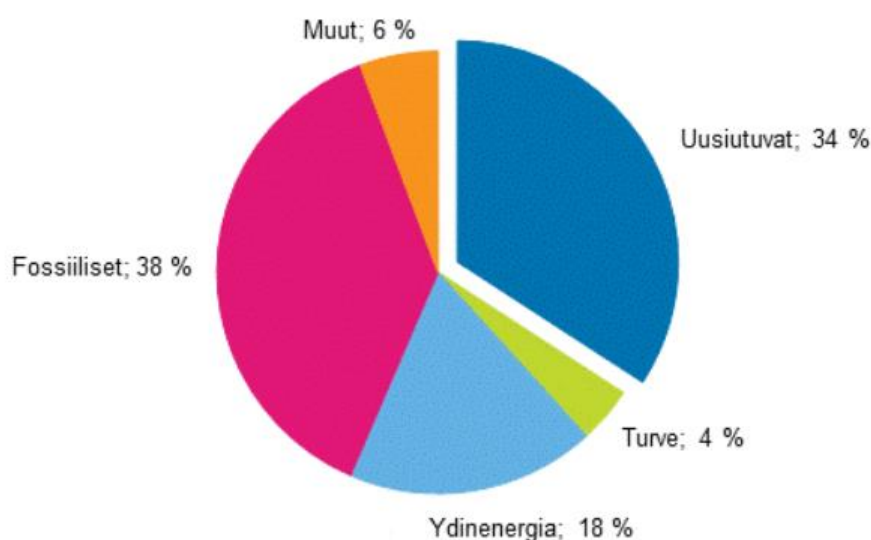
Biotalousperiaatteiden ja cleantech -ratkaisujen edistäminen on yksi Juha Sipilän hallituk-
sen kärkihankkeista (Valtioneuvosto 2017). Suomen biotalousstrategian tavoit-
teenä on luoda uutta talouskasvua ja työpaikkoja kestävä kehityksen periaat-
teita noudattaen. Kasvun mahdollisuuksien on arvioitu olevan keskimäärin noin 4
prosenttia vuodessa vuoteen 2025 asti. Tämän toteutuessa biotalousperiaatteiden
tuotos kasvaisi nykyisestä 60 miljardista eurosta 100 miljardiin euroon ja biotaloussek-
torille syntyisi 100 000 uutta työpaikkaa. (Ympäristöministeriö ym. 2015b, 19.)

Suomen biotalous nojaa vahvasti metsäalalle ja vahva yhteistyö eri toimijoiden
välillä tekee Suomesta biotalousperiaatteiden todellisen edelläkävijän (Ympäristöministeriö
ym. 2015c). Metsäteollisuuden tuotteet muodostavat merkittävän osan Suomen
viennistä ja ovat yksi taloutemme tukipilareista. Metsäbiomassoista on kehitetty

ja kehitetään koko ajan uusia teknologioita ja ratkaisuja, joita käytetään mm. tekstiiliteollisuudessa, lääkkeissä ja kemikaaleissa, elintarvikkeissa, pakkausmateriaaleissa sekä polttonesteissä. (Ympäristöministeriö ym. 2015c.)

2.2 Bioenergia

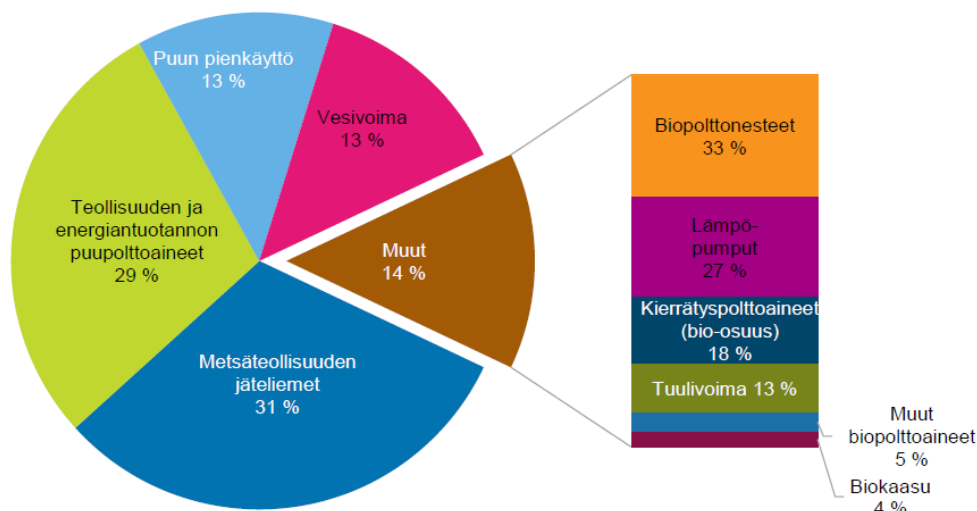
Uusiutuvaa energiaa saadaan uusiutuvista lähteistä, hyödyntäen muun muassa auringonpaistetta, tuulta, virtaavaa vettä, aalto- ja vuorovesivoimaa sekä ilman ja maan lämpöä. Kaikki edellä mainitut pohjaavat luonnon omiin prosesseihin. Uusiutuvaa energiaa tuotetaan myös luonnon biologisista varannoista, biomassasta. Uusiutuvilla energianlähteillä tuotettiin Tilastokeskuksen (2017a) mukaan 34 % Suomen kokonaisenergiankulutuksesta vuonna 2016 (kuvio 1).



Kuvio 1. Uusiutuvien energianlähteiden käyttö Suomessa vuoden 2016 energian kokonaiskulutuksesta (Tilastokeskus 2017a).

Biomassasta eli eloperäisestä aineksesta saatava energia on bioenergiaa. Sen lähteenä käytetään yleensä puuta, turvetta, peltokasveja ja bioperäisiä jätteitä. Biomassaa käytetään yleensä lämmitykseen tai sähköntuotantoon sellaisenaan tai siitä voidaan valmistaa sekä kiinteitä että nestemäisiä polttoaineita. (Kehakeskus 2017.)

Bioenergian tuotantoa ja käyttöä halutaan lisätä, tavoitteena on erityisesti fossiilisten polttoaineiden käytön vähentäminen. Suomi on bioenergian hyödyntämisessä Euroopan kärkimaita (Motiva Oy 2017). Suurin osa uusiutuvasta energiantuotannosta Suomessa perustuu puupohjaisiin polttoaineisiin, kuten Tilastokeskuksen (2017b) kuviosta 2 voidaan todeta.



Kuvio 2. Uusiutuvien energialähteiden jakauma Suomessa vuonna 2015 (Tilastokeskus 2017b).

Metsäteollisuuden sivutuotteina syntyvistä jäteliemistä, kuoresta ja purusta tuotetaan noin kaksi kolmasosaa puuperäisestä energiasta. Metsäteollisuuden toiminta ja sen käyttämä ainespuun määrä vaikuttaakin suoraan puupohjaisen energian tuotantomahdollisuuksiin. (Hynynen, Kojola, Niemistö, Siren, Saksa & Uotila 2014, 131–141.) Puupohjaisten energialähteiden käyttö Suomessa on hienoisessa kasvussa edellisiin vuosiin verrattuna ja puupohjaisilla energialähteillä tuotettiin tammi–syyskuussa 2017 noin 27 % Suomen kokonaisenergiankulutuksesta (Tilastokeskus 2017c).

3 Energiapuu

Energiapuulla tarkoitetaan puubiomassaa, jota polttamalla tuotetaan sähköä, lämpöä, tai molempia yhdessä. Energiapuuksi luetaan kokopuu, rankapuu, hakkuutähteet ja kannot. (Stora Enso, 2017).

Kokopuu tarkoittaa puuta, jota ei karsita vaan se sisältää myös oksat ja latvusosan. *Rankapuu* karsitaan, jolloin oksat ja latvukset jäävän metsään. *Hakkuutähteitä* ovat karsitun rungon oksat ja latvusosa. *Kannot* ovat uudistushakkuualoilta nostettuja, yleensä kuusen kantoja.

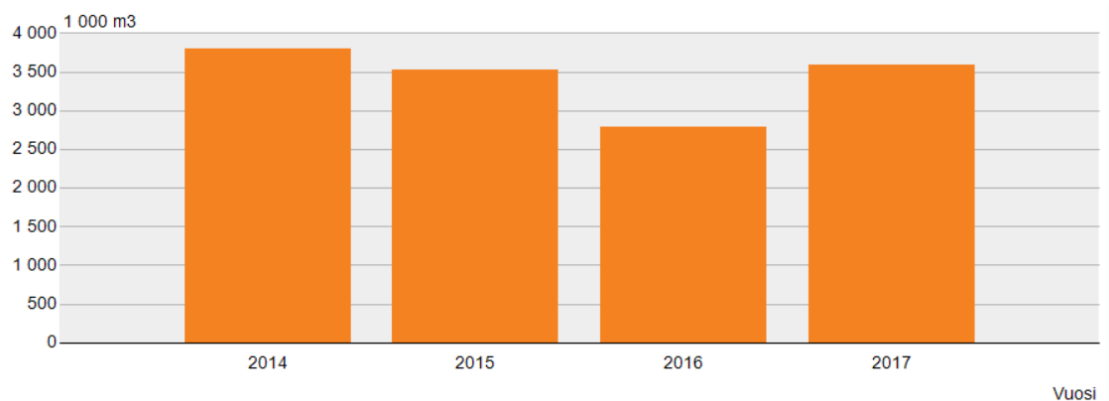
Energiapuuta korjataan kokopuuna alueilta, joilla puusto ei täytä ainespuun mittaita laatuvaatimuksia, ja näin ollen jää muun puunjalostustoiminnan ulkopuolelle. Muiden hakkuiden yhteydessä on myös puiden latvukset, oksat, rangat ja kannot mahdollista hyödyntää polttolaitoksien energianlähteiksi. Energiapuuta korjataan myös nuorten metsien hoitotöiden yhteydessä.

Energiapuulle ei ole määritelty erikseen tiukkoja laatuvaatimuksia, vaan periaatteessa kaikki puuaines, pituuteen tai muotoon katsomatta, on mahdollista hyödyntää energiantuotannossa.

3.1 Energiapuun käyttö Suomessa

Energiapuusta tuotetun metsähakkeen käyttö Suomessa on moninkertaistunut verraten 2000-luvun alkuvuosiin. Suomessa käytettiin vuonna 2016 noin 8,1 miljoonaa kuutiometriä metsähaketta ja käytön odotetaan kasvavan 8,3 miljoonaan kuutiometriin vuonna 2017 ja 8,5 miljoonaan kuutiometriin vuonna 2018 (Luonnonvarakeskus 2017). Kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa metsähakkeen käyttötavoitteeksi vuodelle 2020 on määritelty noin 13,5 milj. kuutiometriä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017), mutta hakkeen käytön viimeisien vuosien hitaasta kasvusta johtuen alkaa näyttää selvältä, ettei strategian määrittämään tavoitetasoon tulla pääsemään.

Luonnonvarakeskuksen tilastojen mukaan energiapuun kauppamäärä oli vuonna 2014 lähes 4 miljoona kuutiometriä. Määrät pienenivät huomattavasti seuraavina vuosina, ollen vuonna 2016 jo alle 3 miljoonaa kuutiometriä, kuten Luonnonvarakeskuksen (2018) kuviosta 3 voidaan nähdä. Energiapuun kaupan hiipumiseen vaikutti muun muassa valtion energiapuun korjuun tukiehtojen muuttuminen vuoden 2015 talvella, joka pienensi metsänomistajalle maksettavaa tukea. Myös kyseessä olevien vuosien peräkkäiset lauhat talvet sekä fossiilisten polttoaineiden hinnan lasku hillitsivät osaltaan energiapuukauppaa. Vuonna 2017 energiapuusta käytiin kauppaa yli 3,5 miljoonasta kuutiometristä, joten kauppamäärät kääntyivät parin laskuvuoden jälkeen selvään nousuun.



Kuvio 3. Energiapuun vuotuiset kauppamäärät (Luonnonvarakeskus 2018).

Metsäteollisuuden uudet, jo valmistuneet sekä valmisteilla olevat investoinnit, tulevat lisäämään erityisesti kuitupuun kysyntää, mutta hakkuiden lisääntyessä myös energiapuuta tulee sivutuotteena huomattavasti enemmän markkinoille. Yhdistetyissä sähkön- ja lämmöntuotantolaitoksissa sekä erityisesti erillislämmöntuotannossa on viime vuosina panostettu voimakkaasti metsähakkeen käyttöön, ja kasvun ennustetaan myös jatkuvan. Myös puupohjaisilla polttoaineilla tuotetun sähkön osuuden ennustetaan kasvavan. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017, 31).

Energiapuumarkkinoille on myös suunnitteilla suuria tehdasinvestointeja. Esimerkkinä mainittakoon kiinalaisen Kaidin Kemiin suunnittelema biojalostamo,

joka toteutuessaan tulisi käyttämään noin 2,8 miljoonaa kuutiometriä energia-puuta vuodessa. Tehtaan investointipäätöksen piti valmistua vuoden 2017 aikana, mutta päätöstä ei kuitenkaan ole tehty vielä maaliskuussa 2018. Toteutuessaan jalostamo olisi toiminnassa vuonna 2019. (Kaidi 2017.)

Kaidin tehdashankkeen toteutuminen olisi valtava mahdollisuus koko pohjoisen Suomen metsätaloudelle. Metsähallitukselle tehtaan toteutuminen olisi erittäin positiivista, koska Pohjois-Suomessa on huomattavan paljon valtion omistamia metsiä. Suuri osa Pohjois-Pohjanmaan ja eteläisen Lapin Metsähallituksen hallinnoimista metsistä sijaitisi Kaidin suunnitteleman puunhankinta-alueen sisällä, noin 200 kilometrin säteellä tehtaan sijaintipaikasta, ja näin ollen tehdas avaisi uudet energiapuumarkkinat suurelle osalle toiminta-aluetta.

3.2 Energiapuun kasvat

Yleensä metsänkasvatuksen tavoitteena on tuottaa järeää, laadukasta ja arvokasta puuta saha- ja kuitupuuteollisuuden tarpeisiin. Kasvatuksen täytyy olla kannattavaa, tuottaen koko kiertoaika huomioiden riittävän kantorahatulon. On kuitenkin maapohjia, joilla laadukkaan puun kasvattaminen on mahdotonta tai onnistuminen vaatisi ainakin huomattavan suuria alkupanostuksia ja hoitokustannuksia metsikön eri vaiheissa, ja silti tavoitteissa voidaan epäonnistua. Näin ollen, joissain tilanteissa, voi kalliiden laatupuun kasvatuksen menetelmien sijasta ollakin kannattavampaa valita mahdollisimman kustannustehokas ja riskitön kasvatusketju, joka voi loppujen lopuksi koko kiertoajan taloudellisuutta mitaten, olla huomattavasti perinteistä laatupuun kasvatukseen tähtäävää ketjua kannattavampi vaihtoehto. Yksi vaihtoehto voisi olla, ainakin turvemailla, kasvattaa energiapuuta. Energiapuuta on mahdollista kasvattaa pienin kustannuksin, hyödynnä nopeasti kasvavia lehtipuulajeja, joille todennäköisesti on kysyntää korvaamaan fossiilisia polttoaineita myös pitkälle tulevaisuuteen.

Energiapuun lyhytkiertokasvatuksessa tavoitellaan mahdollisimman korkeaa biomassan tuotosta, jossa syntyvä biomassa hyödynnetään yleensä pelkästään energian tuotannossa. Lyhytkiertokasvatuksessa, tuotoksen ja kannattavuuden

maksimoimiseksi, suositaan kannoista ja vesoista uudistuvia, nuorena nopeakasvuisia lehtipuulajeja, joita kasvatetaan tiheissä kasvatusasennoissa, verrattain lyhyillä kiertoajoilla. (Hytönen, Viherä-Aarnio, Beuker & Jylhä 2017, 62; Hytönen ym. 2014, 48.). Lyhytkiertokasvatus tuottaa pääasiassa pieniläpimittaista puuta, joka ei sovellu mitta- ja laatuvaatimuksiltaan puuta jalostavan teollisuuden tarpeisiin. (Hakkila 1992, 23).

Suomen olosuhteissa lyhytkiertokasvatukseen parhaiten soveltuvat puulajit ovat tutkimuksien mukaan hieskoivu, harmaaleppä, haavat, pajut ja poppelit. Näillä lajeilla on kuitenkin huomattavia eroja ennen kaikkea kasvupaikkavaatimusten, kasvatus- ja korjuumenetelmien sekä biomassan ominaisuuksien suhteen. (Hytönen ym. 2017, 62).

Kasvatettavan puulajin valinnassa tulee tiedostaa maaperän ominaisuudet sekä kasvupaikan viljavuus. Näiden perusteella on mahdollista tehdä ratkaisut, joilla todennäköisesti päästään parhaaseen taloudelliseen tuottoon. Viljaville kasvupaikoille kannattaakin metsänkasvatuksessa kohdistaa enemmän resursseja, kuin karuille kasvupaikoille.

Kivennäismailla pyritään yleensä kasvattamaan ainespuuta puuta jalostavan teollisuuden tarpeisiin. Näin varmasti toimitaan jatkossakin, koska kivennäismailla ainespuun kasvatuksen kannattavuus on normaalitilanteessa huomattavasti parempi, kuin energiapuun kasvatuksella on mahdollista saavuttaa. Kuitenkin myös kivennäismailla voitaisiin erityiskohteissa, esimerkiksi vanhoilla viljelystä poistuneilla pelloilla, epäonnistuneilla pellonmetsitysaloilla tai muilla peltoheitoilla, mahdollisesti kasvattaa kannattavasti myös energiapuuta (Hytönen ym. 2017, 62).

Turvemailla lyhytkiertoisien energiapuun kasvatus voi kilpailla taloudellisesti myös ainespuun kasvatuksen kanssa. Muun muassa turvetuotannosta vapautuneilla suonpohjilla, ravinne-epätasapainosta kärsivillä suoalueilla sekä muilla, lähinnä hieskoivua kasvavilla ojitetuilla turvemailla, voisi olla jopa kannattavin vaihtoehto pyrkiä tuottamaan biomassaa lyhyellä kiertoajalla (Hytönen ym. 2017, 62, 65).

3.3 Energiapuuksi soveltuvat puulajit

Puulajeja, joita lyhytkiertoviljelyyn on Suomessa käytetty ovat lähinnä pajut, hieskoivu sekä pienissä määrin hybridihaapa ja harmaaleppä.

Pajujen lyhytkiertoviljelyn kannattavuutta on tutkittu Suomessa aktiivisesti jo vuosikymmeniä. Suomessa pajuviiljelmien kannattavuus ilman tukia on kuitenkin osoittautunut heikoksi, joten tutkimus onkin viime aikoina kohdistunut entistä enemmän kotimaisiin lehtipuulajeihin, etenkin hieskoivuun. (Saksa, Hynynen, Hytönen & Niemistö 2012, 89–90.) Seuraavissa kappaleissa puulajeittain tärkeimpiä asioita, jotka nousevat esiin aiemmista tutkimuksista.

3.3.1 Pajut

Lyhyen kiertoajan puunkasvatuksen vanhimmat tutkimukset ovat ajoittuneet Suomessa jo 1910-luvulle. Erityisen aktiivista tutkimus on kuitenkin ollut 1980-luvulta lähtien, jolloin tutkimukset kohdistuivat lähinnä eri pajulajikkeisiin. Näiden tutkimusten mukaan, Suomen olosuhteissa, pajujen lyhytkiertoviljely voisi olla kannattavaa vasta linjan Vaasa-Jyväskylä-Savonlinna eteläpuolella. (Hakkila 1992, 24–26.)

Onnistuneet pajuviiljelmät ovat tuottaneet hyvin suuria biomassatuotoksia sekä Suomessa että Ruotsissa. Pitkäaikaisten tutkimusten mukaan, käytännön viljelyksillä tuotos on kuitenkin jäänyt huomattavasti alhaisemmaksi, kuin intensiivisesti hoidetuilla koeruuduilla. Suomessa ongelmana on myös ollut jo Keski-Suomen ilmasto-olosuhteisiin soveltuvien pajulajikkeiden puute. (Hytönen ym. 2017, 63.)

Ensimmäinen energiapajun sukupolvi viljellään istuttamalla taimilla tai pistokkailla. Energiakäyttöön kasvatettuna pajujen kiertoaika on noin 3–5 vuotta. Seuraavat sukupolvet uudistuvat kantovesoista. (Hytönen ym. 2017, 63).

Uusimmissa Luonnonvarakeskuksen tekemissä tutkimuksissa kotimainen kiiltolehtipaju on osoittautunut varteenotettavaksi puulajivaihtoehdoksi energiapuun kasvatukseen, etenkin turvetuotannosta vapautuneille suonpohjille. Kiiltolehtipajun tuotos on ollut 18 vuoden tutkimusjakson aikana jopa 123 t/ha (6,8 t/ha/a). Kotimaisten pajulajikkeiden etuna on myös ilmastollinen kestävyys, pieni eläintuoriski sekä alhaiset ravinnevaatimukset. (Hytönen, Aro, Beuker, Niemistö, Nurmi & Saarsalmi 2014, 57.) Pajuviljelmä on edelleenkin Suomessa vain vähän, joten tutkimustietoa tarvitaan lisää. Pajuviljelmien lisääntymisen suurimpana esteenä Suomessa on ollut kalliit kasvatusmenetelmät sekä kasvatuksen epäonnistumiseen liittyvät suuret riskit. (Hytönen ym. 2017, 63.)

3.3.2 Hybridihaapa

Hybridihaapa tuottaa parhaiten rehevillä metsämailla ja pelloilla, joiden vesitalous on kunnossa. Hybridihaapaviljelmät perustetaan nykyään mikrolisätyillä kloonitaimilla tai juurikasvistokasvamenetelmällä. Toinen, ja mahdollisesti seuraavatkin sukupolvet, uudistuvat tehokkaasti kantovesoista. Taimia istutetaan noin 1200 hehtaarille, ja puustoa kasvatetaan harventamatta noin 20 vuotta. (Hytönen ym. 2017, 66). Luonnonvarakeskuksen tutkimussarjat kuitenkin osoittavat, että kloonien väliset tuotoserot ovat huomattavan suuria (Hytönen ym. 2014, 49–50). Parhaimmillaan hybridihaapaviljelmän vuotuinen tuotos voi hyvällä kasvupaikalla, hyvällä kloonilla, olla kuitenkin jopa 20 kuutiometriä hehtaarilla (Hytönen ym. 2017, 66).

Hybridihaapa on erittäin altis nisäkästuhoille, jonka vuoksi istutetut alueet on yleensä aidattava hirvieläimiltä, mutta lisäksi taimet on järkevää suojata myös myyriltä ja jäniksiltä. Eteläinen kloonitaimisto ei myöskään yleensä sovellu pohjoiseen Suomeen. (Hytönen ym. 2017, 66.) Hybridihaavikon ensimmäisen sukupolven perustamiskustannukset nousevat myös huomattavan suuriksi, johtuen istuttamiskuluista ja mahdollisesta maanmuokkauksesta sekä lannoituksesta.

3.3.3 Harmaaleppä

Harmaaleppä nopeakasvuisena puulajina on myös soveltuva lyhytkiertokasvatukseen. Suomessa harmaalepän kasvatusta, kannattavuutta, tuotosta ja ravinteiden käyttöä tulisi kuitenkin tutkia lisää, koska tutkimustuloksia on olemassa niukasti (Hytönen ym. 2017, 64.)

Lepän optimaalista kiertoaikaa ei tunneta, mutta sen oletetaan olevan noin 15-20 vuotta. Luontaisesti syntyneiden lepikoiden lehdetön biomassatuotos vastaa, Hytösen ja Saarsalmen (2015) mukaan, tiheiden hieskoivikoiden kasvua (noin 3–4 t/ha/a). Viljeltyjen lepikoiden kasvu voi olla hieman suurempi.

Harmaalepän etuna mainittakoon sen tuhonkestävyys. Se kelpaa huonosti nisäkkäille ja on ilmastollisesti kestävä (Hytönen & Saarsalmi 2015, 153).

3.3.4 Hieskoivu

Valtakunnan metsien inventoinnin (VMI 11) mukaan Suomen kokonaispuuston tilavuudesta noin 12 % on hieskoivua (Luonnonvarakeskus 2015). Tiheitä hieskoivikoita esiintyy runsaasti myös normaaleilla metsämailla, joten niissä voisi olla hyödyntämätöntä potentiaalia energiapuuntuotantoon (Hytönen ym. 2014, 48). Turvemailla hieskoivuvaltaisia metsiä kasvaa Suomessa on noin 570 000 hehtaarilla, joita energiapuun kysynnän lisääntyessä voitaisiin siirtää lyhytkiertoisien energiapuun kasvatukseen (Hytönen ym. 2017, 65).

Hieskoivu uudistuu luontaisesti siemenistä tai hakkuun jälkeen kantovesoista. Pioneeripuulajina, ja kosteaa kasvualustaa hyvin sietävänä puulajina, hieskoivu on vallannut alaa etenkin ojitetuilla turvemailla. Myös uudistamisen ja taimikonhoidon laiminlyöntien seurauksena hieskoivu valtaa helposti uutta alaa havupuille uudistetuilta turvemailta. (Niemi, Kojola, Ahtikoski & Laiho 2017.)

Hieskoivun taimikko on altis monille tuhoille. Vakavimmat tuhot aiheuttavat yleensä hirvet, mutta myös muut nisäkkäät, kuten porot, peurat, kauriit sekä myyrät ja jänikset voivat aiheuttaa paikallisesti suuriakin ongelmia. Yleensä hieskoivun taimikot toipuvat yksittäisistä hirvituhoista hyvin, mutta tiheään hirvikannan alueilla sekä laidunalueilla, koivun kasvattaminen voi olla haastavaa. Luontaisesti syntyneet hieskoivun taimikot kehittyvät yleensä kuitenkin verrattain tiheinä, joten lievät nisäkkäiden aiheuttamat tuhot eivät merkittävästi vaikuta kokonaistuottavuuteen. (Heikkilä 2008, 156–173.)

3.3.5 Muut puulajit

Edellisissä kappaleissa on esitettyä tällä hetkellä kiinnostavimmat ja tärkeimmät puulajit, joita voisi olla kannattava kasvattaa lyhytkiertoviljelmillä. Myös muita puulajeja, kuten lehtikuuset, kontortamänty, visakoivu sekä jalot lehtipuut ja monet poppelilajit voisi kuitenkin olla mahdollista hyödyntää biomassan kasvatukseen (Hytönen ym. 2017, 62), mutta tutkimusaineistoa on näiden osalta niukasti.

3.4 Lyhytkiertoisien energiapuun kasvatuksen kannattavuus

Lyhytkiertokasvatuksen kannattavuus muodostuu, energiapuusta maksettavan hinnan lisäksi, monen tekijän summana. Työ- ja pääomapanostusten määrä puuston kasvun alkuun saattamiseksi vaikuttaa paljon kannattavuuteen. Viljaville turvemaille, sekä muun muassa vanhoille, turvetuotannosta poistuneille pelloille, hieskoivikot syntyvät usein luontaisesti ilman aktiivisia toimenpiteitä. Lannoitus on kuitenkin kannattavaa myös edellä mainituilla kohteilla, koska ilman lannoitusta hieskoivikko syntyy yleensä hyvin hitaasti ja kasvu on heikompaa. (Issakainen & Huotari 2007.) Muiden puulajien osalta, ensimmäisen puusukupolven aikaansaamiseksi, joudutaan yleensä turvautumaan istutukseen tai kylvöön tiheään energiapuumetsikön aikaansaamiseksi (Hytönen ym. 2017, 62–68).

Lyhytkiertoista energiapuuta kasvatetaan yleensä tiheikkönä (kuva 1), mikä tarkoittaa, että taimikonhoitotöitä tai harvennushakkuuta ei tehdä. Tästä johtuen hoitokustannukset jäävät pieniksi normaalin metsänkasvatuksen toimenpiteisiin verrattuna. Esimerkiksi hieskoivikko harventuu luontaisesti siten, että ohuimmat energiapuuksikin kelpaamattomat rungot kuolevat jo ennen päätehakkuuta (Hynynen ym. 2014, 136–137), joten pieniläpimittaiset rungot eivät ole hakkuutyön haittana enää päätehakkuuta suoritettaessa.



Kuva 1. Luontaisesti syntynyt nuori hieskoivutiheikkö (Matti Pitkänen 2018).

Runkokoko energiapuuhakkuussa jää yleensä pieneksi, mikä nostaa huomattavasti korjuukustannuksia. Myös biomassan hehtaarikohtainen kertymä vaikuttaa korjuukustannukseen, jolloin pieni puumäärä hehtaaria kohden kasvattaa korjuukustannusta. Kannattavuuteen vaikuttaa myös korjuukohteen etäisyys tiestöstä sekä toimituspaikasta. (Soikkeli & Kiljunen 2015.) Tärkeimpänä kannattavuuteen vaikuttavana seikkana on kuitenkin biomassatuotteiden myyntihinta.

4 Energiapuun kasvatus käytöstä poistuneilla turvetuotantoalueilla

4.1 Turvetuotantoalueiden jälkikäyttö

Turvetuotannosta on vapautunut suonpohjia 40 000 hehtaaria jatkokäyttöön, ja vuoteen 2020 mennessä vapautuu lisää arviolta 44 000 hehtaaria (Hytönen ym. 2017, 62). Turvetuotannosta vapautuvia suonpohjia hyödynnetään monin keinoin turpeennoston loputtua. Osa alueista on turpeentuottajien omistamia, mutta suurin osa muilta maanomistajilta vuokrattu. Turvetuotantoalueen maanvuokrauksesta sovittaessa olisi sopimuksiin hyvä kirjata ehdot, missä tilassa alue tuotannon loputtua luovutetaan takaisin maanomistajalle. Usein ehdoksi kirjataan, että alueen on kuivatustilaltaan sovellettava metsänkasvatukseen. (Turveteollisuusliitto ry. 2008, 5.)

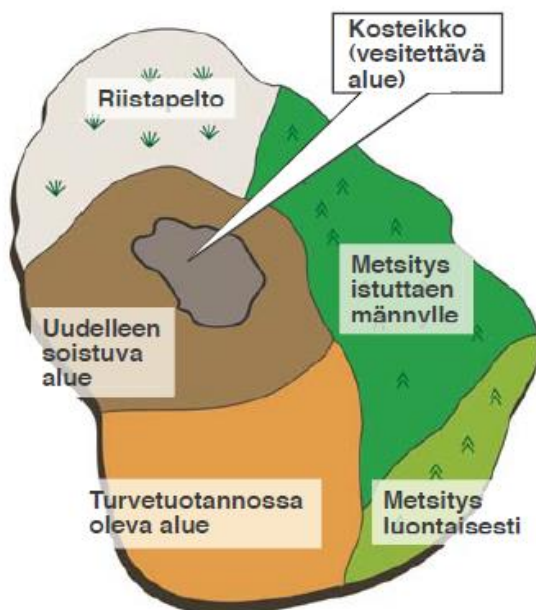
Turvetuotannon loppuvaiheessa tuottaja on velvollinen tekemään tuotantoalueen jälkihoitotoimenpiteet eli saattamaan tuotantoalue ympäristöluvassa sovittuun tilaan. Tuotannon loppuvaiheen ympäristöluvassa määritellään yleensä toimet alueella tehtävistä siistimisistä, rakenteiden purusta sekä vesiensuojelusta ja vesiensuojelurakenteiden kunnossapidosta ja tarkkailusta. Turvetuottaja ilmoittaa ympäristöviranomaiselle, kun jälkihoitovaihe on toteutettu suunnitellusti ja turvetuotannosta johtuvat päästöt ovat loppuneet. Jälkihoitovaiheen jälkeen alue vapautuu ja valittu jälkikäyttö voi alkaa. (Turveteollisuusliitto 2008, 7–12.)

Suonpohjissa on maaperä- ja ravinnetilaltaan hyvin kirjava joukko erityyppisiä alueita. Suonpohjat ovat usein myös laajoja, kymmenien, jopa satojen hehtaarien alueita (kuva 2), ja yleensä pelkästään yksi jatkokäytön muoto ei sovellu koko alueelle.



Kuva 2. Turvetuotantoalue ilmasta kuvattuna (Kuopion Energia Oy 2018a).

Turvetuotantoalueen eri osat vapautuvat usein jälkikäyttöön vaiheittain, koska turvekerroksen paksuus ja pinnanmuodot voivat vaihdella huomattavasti alueen sisällä. (Turveteollisuusliitto ry. 2008, 19.) Näin ollen turvetuotanto usein jatkuu osilla aluetta, kun osa on jo siirtynyt jälkikäyttövaiheeseen (kuvio 4).



Kuvio 4. Esimerkkikuvio turvetuotantoalueen vaiheittaisesta siirtymisestä jälkikäyttöön (Turveteollisuusliitto 2008, 19).

Samalla turvetuotantoalueella voi olla myös useita maanomistajia, jolloin maanomistajien olisi järkevää suunnitella jatkokäyttöä yhdessä. Maanomistajilla voi olla hyvin erilaisia suunnitelmia tulevaa jatkokäyttöä varten. Toinen voi ajatella metsittämistä ja toinen vaikkapa uudelleen soistamista, jolloin molempien ratkaisujen toteuttaminen voi muodostua käytännön ongelmaksi. (Selin 1996, 122.) Maanomistajien eriävien suunnitelmien lisäksi tietyille jälkikäyttömuodolle voi luoda haasteita tai mahdollisuuksia esimerkiksi alueen sijainti ja ympäristö, maa- ja kallioperä, suonpohjan kosteusolot ja pinnanmuodot sekä suonpohjalle jääneen turvekerroksen paksuus (Turveteollisuusliitto 2008, 7).

Turvekerroksen ominaisuudet, kuten maatuneisuus, happamuus ja ravinteisuus on selvitettävä, mikäli aluetta aiotaan hyödyntää metsänkasvatuksessa (Vanhatalo, Väisänen, Joensuu, Sved, Koistinen & Äijälä 2015, 58–60). Lopullisen jälkikäyttömuodon suunnittelussa tulee ottaa huomioon sekä ympäristöseikat että maankäytön järkevyys (Selin 1996, 124). Tärkein jälkikäyttömuodon valinnassa huomioitava tekijä on kuitenkin alueen vesitalouden tila ja sen oletettu kehittyminen jatkossa (Turveteollisuusliitto 2008, 8).

Turpeen tuotannosta poistuvan suon reuna-alueet sopivat hyvin usein metsitettäväksi, kun taas keskialueet voivat olla vesien poisjohtamisen hankaluuden takia järkevää antaa soistua uudelleen. Jälkikäyttömuotojen suunnitteluun ja toteutukseen olisi syytä varautua jo turvetuotannon viimeisinä vuosina, mahdollisuuksien mukaan yhteistyössä tuottajan kanssa. Tällöin olisi mahdollista päästä vaikuttamaan mm. jälkihoitovaiheen ojitusjärjestelyihin ja mahdollisiin maansiirtoihin, joista voi olla hyötyä jatkokäyttöä silmällä pitäen (Selin 1996, 124).

Maanomistaja valitsee turvetuotannon jälkeisen suonpohjan jälkikäyttömuodon. Selvästi yleisin jälkikäytön muoto on metsittäminen metsätalouden käyttöön. Suonpohjista metsänkasvatukseen soveltuu noin 60 % alueesta. Suonpohjien laaja-alaisuuden takia hallariski on suuri, joten metsittämiseen parhaiten soveltuvat puulajit ovat mänty sekä hies- ja rauduskoivu. (Vanhatalo ym. 2015, 58.) Suonpohjat soveltuvat myös energiapuun kasvatukseen ja tällöin puulajeina voidaan käyttää myös muita lehtipuulajeja (Hytönen ym. 2017, 62–70).

Suonpohjia on hyödynnetty myös maataloudessa mm. nurmen, viljan, rehun sekä vihannesten, yrttien ja marjojen viljelyyn. Alueita on käytetty myös karjan sekä porojen laidunalueina. Suonpohjilla on tuotettu myös ruokohelpiä, jota on hyödynnetty energiakäyttöön. (Turveteollisuusliitto 2008, 43–53.)

Turvetuotannon alueita, joita on jouduttu tuotannon aikana pitämään kuivana pumpppaamalla, on usein mahdotonta tai liian kallista saada viljelyskäyttöön. Tällöin alueita yleensä vesitetään. Vesittämisellä tavoitellaan esimerkiksi lintujärven tai -kosteikon muodostamista. Muita vesittämällä toteutettuja käyttömuotoja ovat mm. kalankasvatusaltaat sekä tulva-altaat, joilla pyritään tasaamaan tulvahuippuja ja puhdistamaan ympäröivien alueiden kuivatusvesiä (Turveteollisuusliitto 2008, 56–63).

Suonpohjia on pienissä määrin hyödynnetty myös bioenergian ym. käsittely- ja varastoalueina, maa-ainesten ottoon, matkailu- ja virkistyskäyttöön sekä mm. urheilu- ja harrastuskäytössä (Turveteollisuusliitto 2008, 64–67).

4.2 Suonpohjan metsittäminen

Turvetuotannosta vapautuvan suonpohjan nopea kasvittuminen on tärkeää eroosion sekä ravinteiden huuhtoutumisen kannalta. Kasvittunut suonpohja muuttuu vähitellen hiilen lähteestä hiilinieluksi, mikä on erityisen tärkeää ilmastonsuojelun kannalta. (Issakainen & Huotari 2007, 10.) Turvetuotannosta vapautumisen jälkeen alueen metsittäminen on syytä tehdä mahdollisimman nopeasti, ettei kilpaileva kasvusto pääse valtaamaan alaa.

Metsänkasvatuksen onnistumisen kannalta tärkeimmät huomioitavat seikat ovat alueen vesitalous, suonpohjan yleistopografia, jäljelle jääneen turpeen paksuus sekä turpeen ja sen alla olevan pohjamaan ominaisuudet. Edellä mainitut tekijät määrittelevät alueen soveltuvuuden metsänkasvatukseen, mutta myös tarvittavat metsänkasvatuksen toimenpiteet. (Hytönen & Aro 2006, 171.)

Yleensä turpeennostosta ensimmäisenä vapautuu reuna-alueet, joissa on jo lähtötilanteessa ollut huomattavasti ohuempi kerros hyödynnettävää turvetta. Nämä alueet sopivat yleensä hyvin metsänkasvatukseen. Suonpohjan topografiasta johtuen, varsinkin suuremmilla yhtenäisillä kohteilla, osa tuotantoalueesta on joutunut jo tuotannon aikana kuivattamaan pumpppaamalla. (Hytönen & Aro 2006, 171). Nämä alueet on syytä jättää metsänviljelyn ulkopuolelle ja antaa joko uudelleen soistua tai muodostaa esimerkiksi pienvesiä tai kosteikkoalueita.

Pohjamaan koostumus ja ominaisuudet on myös selvitettävä, mikäli kohde on tarkoitus metsittää. Turvetuottajat ovat tutkineet turpeen paksuuksia ja ominaisuuksia sekä teettäneet tutkimuksia mahdollisesti myös maaperään liittyen jo ennen turvetuotannon aloittamista. Näitä tietoja voi pyytää turvetuottajalta. Geologisella tutkimuskeskuksella on myös tarkkoja verkkoaineistoja maaperästä, joita voidaan hyödyntää suunniteltaessa metsitystä. Yleensä on kuitenkin järkevää teettää maaperätutkimus, josta selviää maaperän koostumus sekä ravinteet. Maaperänäytteitä suositellaan otettavaksi jokaiselta kohteelta vähintään kolme. Ne otetaan turvekerroksen alta, noin 5–10 cm:n etäisyydeltä turvekerroksesta. Näytteitä analysoivat useat kaupalliset laboratoriot. (Turveteollisuusliitto 2008, 7–8.) Metsittämisen kannalta on tärkeää, että pohjamaassa on hienoaainesta (raekoko alle 0,06 mm), koska mitä enemmän hienoaainesta maaperä sisältää, sitä enemmän siinä on myös puuston kasvuille tärkeitä kivennäisravinteita (Hytönen & Aro, 2006, 172). Maaperänäytteistä saadun tiedon avulla voidaan ennustaa puiden kasvuun tarvitsemien kivennäisravinteiden riittävyttä myös seuraavissa kehitysvaiheissa, kun puiden juuristo yltää pohjamaahan.

Pohjamaan raekoostumus vaikuttaa myös peruskuivatustarpeeseen. Karkearaeisilla mailla vesi poistuu luontaisesti hyvinkin nopeasti, mutta hienojakoisemilla mailla ojat tukkiutuvat helposti. (Hytönen & Aro 2006, 171–172.) Kuivatus tulee olla mahdollista kohtuullisin ojituskustannuksin, että metsittämien kannattaa. Yleensä sarkaojien perkaaminen riittää, mutta savipohjaisilla mailla voi olla perusteltua käyttää tiheämpää, 20–30 metrin sarkaleveyttä, kuivatuksen varmistamiseksi. (Hytönen & Aro 2006, 173; Turveteollisuusliitto 2008, 31.)

Turvetuotannon loputtua suonpohjalle pyritään jättämään noin 10–20 cm:n kerros turvetta. Muun muassa suonpohjan topografian ja kivisyyden vuoksi turvekerroksen paksuus voi vaihdella alueen sisällä, mutta nykyään käytettävillä menetelmillä yleensä päästään tavoiteltavaan paksuuteen. Suonpohjien turve on maatunutta, tiivistä ja sisältää runsaasti typpeä, joka antaa hyvät lähtökohdat metsänkasvatukselle. (Hytönen & Aro 2006, 172.) Toisaalta turpeessa on niukkuutta etenkin kaliumista, mutta myös fosforista ja mahdollisesti boorista (Hytönen & Aro 2006, 172; Issakainen & Huotari 2007). Suonpohjan ravinnetalous onkin pääsääntöisesti epätasapainoinen, ja sen vuoksi turvepinnalla taimet voivat kuolla kivennäisravinteiden puutteeseen, mutta paljastuneella kivennäismaalla taimet taas kituvat typen puutteen vuoksi.

Laajat, tasaiset ja kasvittomat suonpohjat ovat kasvuoloiltaan myös erittäin ääreviä kasvupaikkoja (kuva 3). Turvepinta kuivuu runsassateisina aikoina ja etenkin keväisin todella hitaasti, mikä voi aiheuttaa ongelmia puuston kasvulle kasvukauden alussa. Toisaalta kuivuttuaan turve hylkii vettä, jolloin veden saatavuus voi tulla ongelmaksi puuston kasvulle kesän pitkien ja kuivien jaksojen aikana sekä välittömästi niiden jälkeen. (Hytönen & Aro 2006, 172.)



Kuva 3. Turvetuotantoalue maan pinnan tasolta kuvattuna (Kuopion Energia Oy 2018b).

4.3 Suonpohjan metsittämiseen soveltuvat puulajit

Metsänkasvatuksen ensimmäisenä puulajina turvetuotannosta vapautuneella suonpohjalla on mahdollista kasvattaa mäntyä sekä hies- ja rauduskoivua (Kau-nisto & Aro 1996, 38–43; Issakainen & Huotari 2007; Hytönen & Aro 2006, 173). Suonpohjien hallaisuuden takia kuusta ei yleensä ole käytetty metsittämiseen, kuin vasta ensimmäisen puusukupolven jälkeen verhopuuston alla (Hytönen & Aro, 2006, 173). Lyhytkiertoisien energiapuun kasvatukseen on kuitenkin mahdol-lista käyttää myös muita puulajeja, lähinnä lehtipuita.

Lyhytkiertoisien energiapuun kasvatusta suonpohjilla on tutkittu Suomessa lä-hinnä pajuilla sekä hieskoivulla. Muiden puulajien, kuten leppä ja hybridihaapa, osalta tutkimustuloksia on vielä niukasti.

Tässä opinnäytetyössä tarkoitus on selvittää turvetuotannosta vapautuvien alu-eiden hyödyntämistä energiapuun kasvatukseen kannattavasti. Seuraavissa kap-paleissa keskitytään vain tärkeimpiin puulajeihin, joiden avulla energiapuun kas-vatuksesta saataisiin todennäköisimmin kannattavaa.

4.4 Hieskoivun kasvatusta suonpohjalla

Hieskoivun kasvattamista suonpohjilla on tutkittu runsaasti. Kasvatuksen kannat-tavuus perustuu pitkälti pieniin perustamiskustannuksiin ja lyhyeen kiertoaikaan (Hytönen, Ahtikoski, Aro & Jylhä 2016). Suonpohjalle tiheä hieskoivutaimikko saadaan aikaan yleensä luontaisesti, mikäli alueen reunoilla on siementävää puustoa enintään 200 metrin etäisyydellä. Mikäli siementävää puustoa ei ole, on syytä turvautua hajakylvöön. (Issakainen & Huotari 2007.)

Tiheän hieskoivikon ja nopean alkukehityksen takaamiseksi suonpohja on kui-tenkin lannoitettava esim. puuntuhkalla tai PK- lannoitteella. Vaihtoehtona lannoi-tukselle voidaan toteuttaa maanmuokkaus. Mikäli suonpohjalle jäänyt turvekerros ei ole liian paksu (>30 cm), juuriston kehittyessä puut saavat tarvitsemansa ki-

vennäisravinteet pohjamaasta (Hytönen ym. 2017, 65). Alkuvaiheen tuhkalannoitus riittää todennäköisesti koko lyhytkiertoviljelyn kiertoajalle ja lannoitettu alue tuottaa biomassaa huomattavasti enemmän lannoittamattomaan suonpohjaan verrattuna (Hytönen & Aro 2012, 391). Näin ollen lannoituksen kustannus saadaan takaisin lisääntyneen kasvun kautta.

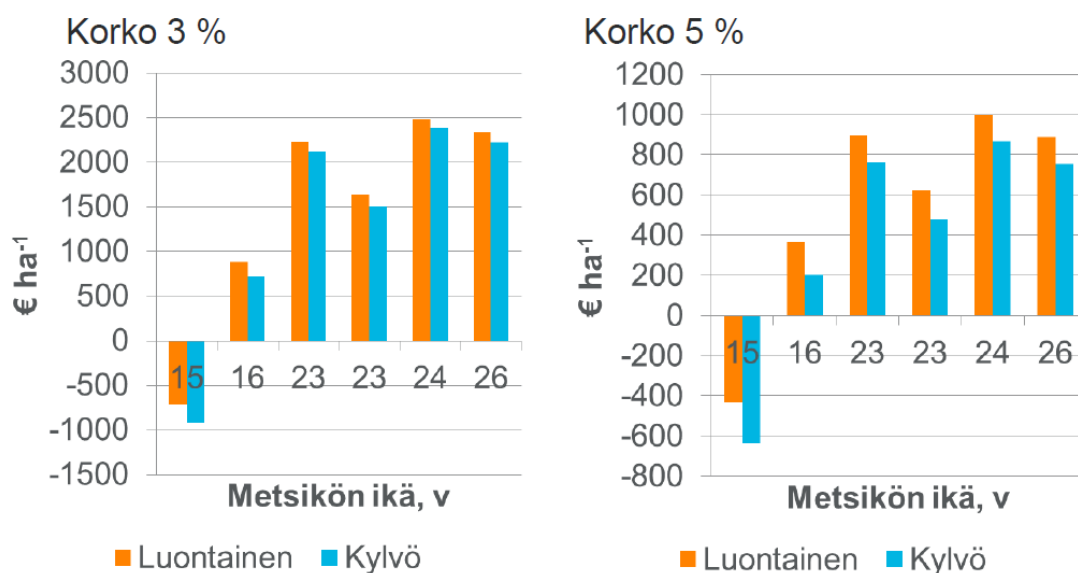
Hieskoivun biomassatuotos lannoitetuilla turvetuotannosta poistuneilla turveilla, yli 15 vuotiaissa metsiköissä, on tutkimusten mukaan ollut vuotuisena keskimääräisenä 3–4 t/ha (6–8 m³/ha/v). Tuotto on samaa luokkaa, kuin esimerkiksi Ruotsin kaupallisilla pajuviiljelmillä tuotetaan. (Hytönen ym. 2017, 65.) Biomassan tuotannossa hieskoivun kiertoajan tulee kannattavuuden maksimoimiseksi olla yli 20-vuotta (Hytönen ym. 2016).

Luonnonvarakeskus (aiemmin Metsäntutkimuslaitos) on tehnyt pitkäaikaisia tutkimuksia, joissa on selvitetty hieskoivun kasvatuksen kannattavuutta suonpohjilla. Uusimpia tuloksia ja laskelmia esitellään tutkimusartikkelissa ”*Profitability of short rotation biomass production on downy birch stands on cut away peatlands in northern Finland*” (Jylhä, P., Hytönen, J. & Ahtikoski, A. 2015). Tutkimuksessa selvitettiin 15–26 vuotiaiden, aikanaan luontaisesti uudistuneiden hieskoivikoiden biomassatuotosta suonpohjilla sekä kasvatuksen kannattavuutta. Lehdetöntä biomassaa koealoilla oli mittaushetkellä 42–75 kuivatonna (90–158 m³) hehtaarilla (Jylhä, Hytönen & Ahtikoski 2015b).

Tutkimuksessa kannattavuuslaskelmia tehtiin kuudelle Limingan Hirvinevalla kasvavalle hieskoivikolle. Kannattavuuden mittarina käytettiin paljaan maan arvoa, joka on ”*ikuisuuteen ulottuva jaksollisesti toistuvien hakkuutulojen ja puuntuotantokustannusten erotusten nykyhetkeen diskontattu summa*”. (Hytönen, Aro, Ahtikoski & Jylhä, 2015b.) Laskelmat tehtiin käyttäen korkokantaa 3–5 %. Laskelmissa hakkeen (toimituskosteus 40 %) hintana käytettiin 21 euroa megawattitunnilta. Laskelmiin sisältyivät tuhkalannoituskulut tai muokkauskulut, korjuukustannukset kokopuulle sekä kuljetuskustannus käyttöpaikalle 60 kilometrin päähän. Mitään valtion maksamia tukia ei sisälly laskelmiin. (Jylhä ym. 2015, 273–275.) Hieskoivikon uudistumisesta kantovesojen kautta ei ole pitkäaikaisia

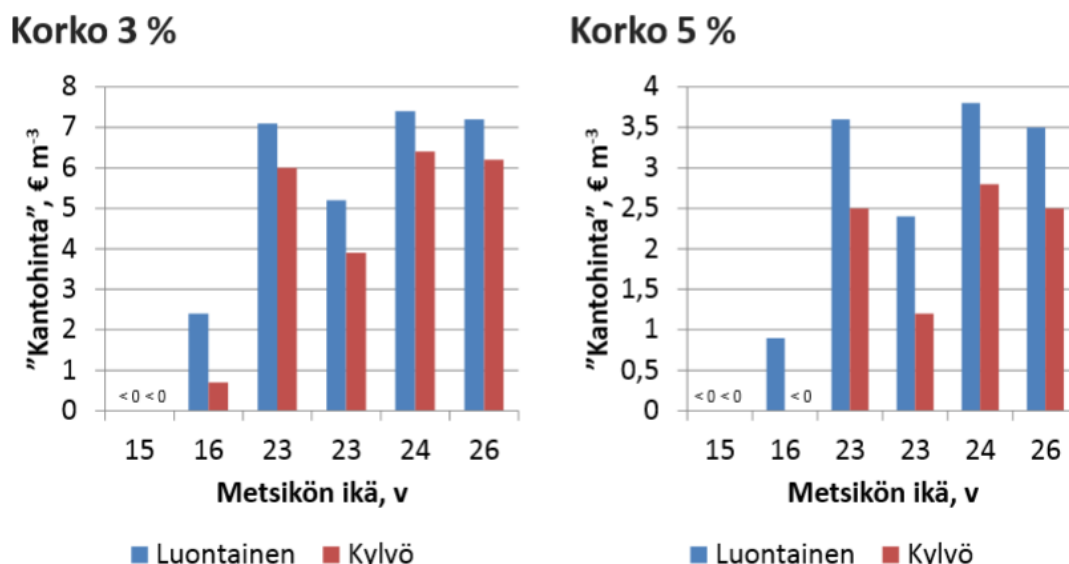
tutkimuksia, joten tässä tutkimuksessa oletettiin, että uudistuminen onnistuu ve-soista kolmanteen sukupolveen asti. Neljännestä sukupolvesta alkaen laskettiin kustannukseksi myös maanmuokkaus ja hajakylvö. (Jylhä ym. 2015, 277.)

Kohteille ei ole aiemmissa kehitysvaiheissa tehty taimikonhoitotöitä tai harven-nushakkuita. Tutkimusten mukaan energiapuun kasvatusta tiheikkönä oli kannat-tavaa viidessä vaihtoehdossa kuudesta tutkitusta. Vain nuorimman, 15-vuotiaan, hieskoivikon kannattavuus jäi negatiiviseksi (kuvio 5). Muiden koealojen osalta tulokset ovat selvästi positiivisia. Paljaan maan arvot ovat kahden vanhimman koealan osalta vielä viiden prosentin korkokannalla vastaavat, mitä on totuttu nä-kemään eteläsuomalaisessa istutetussa lehtomaisen kankaan kuusikoissa. (Jylhä ym. 2015b.)



Kuvio 5. Puuntuotannon kannattavuus/paljaan maan arvo (BLV) (Hytönen, ym. 2016b).

Vastaavasti tarkastellen kantohintaa ensimmäisen sukupolven osalta, parhailla kohteilla energiapuun kantohinnaksi saatiin jopa seitsemän euroa kuutiometriä kohden, käyttäen 3 % korkokantaa (kuvio 6).



Kuvio 6. Kantohinnat ensimmäiselle puusukupolvelle (Jylhä 2015).

Hyvät tulokset perustuvat lyhyeen kiertoaikaan sekä metsikön pieniin perustamiskustannuksiin. Hieskoivutiheikön korjuuseen vaaditaan kuitenkin kaato-kasauslaitteella varustettu hakkuukone. Tavallisella kaatopäällä varustellulla hakkuukoneella korjuu ei onnistu kustannustehokkaasti. (Jylhä ym. 2015.)

Turvemaiden hieskoivikoiden harvennusvaste on myös heikko, joten harventaminen ei yleensä ole kannattavaa. Kiertoaika pidentämällä suonpohjien hieskoivutiheiköitä on mahdollista kasvattaa harventamatta myös kuitupuuksi, mikäli kysyntä tai puun hinnan muutokset siihen kannustavat. Tällöin optimaalinen kiertoaika on noin 40–50 vuotta. (Jylhä ym. 2015b.)

4.5 Pajut suonpohjalla

Pajujen lyhytkiertokasvatuksen kannattavimmat viljely- ja kasvatustekniikat sekä menetelmät tunnetaan jo hyvin, vuosikymmeniä jatkuneiden tutkimusten kautta. Pajun kiertoaika on noin 3–5 vuotta ja pajut uudistuvat korjuun jälkeen tehokkaasti kantovesoista. Pajuviljelmän tuotantoaikana pidetään noin 20–25 vuotta (Hytönen ym. 2017, 63). Pajuviljelämä perustetaan pistokkaista ja nykyään istutus tapahtuu koneellisesti ja pistokkaita istutetaan noin 15 000 kpl/ha (Saksa ym.

2012, 89). Suonpohjilla pajun kasvattamiseen tarvitaan yleensä kalkitus sekä typpi-fosfori-kalium -lannoitus (NPK) (Heino & Hytönen 2007). Pajun viljelykustannukset ovat yleensä huomattavasti hieskoivua korkeammat sekä kasvatus riskialttiimpaa, mutta mikäli kasvatus onnistuu tuotos voi olla myös huomattavan suuri. (Hytönen ym. 2014, 60). Energiapajun korjuuseen eivät sovellu tavalliset hakkuukoneet vaan pajukko korjataan tavallisimmin puimurilla, joka leikkaa sekä hakettaa puuaineksen.

5 Hieskoivun energiapuukasvatus turvemailla

Hieskoivu on yleinen puulaji Suomessa ja hieskoivumetsiköitä esiintyykin koko maassa aivan pohjoisinta Lappia lukuun ottamatta. Määrällisesti runsaimmin hieskoivikoita esiintyy Pohjanmaalla ja Länsi-Lapissa, mutta pienialaisia kohteita löytyy ympäri maan. Yli puolet hieskoivuvaltaisista metsiköistä kasvaa turvemailla. (Metsäntutkimuslaitos 2010.)

Ruohoiset ja saraiset suot soveltuvat hyvin hieskoivun kasvatukseen. Sen sijaan usein typen niukkuudesta kärsivillä varpu- ja jäkäläturvekankailla hieskoivun kasvatus vaatisi yleensä toistuvia typpilannoituksia, joten näillä alueilla kasvattaminen ei ole kannattavaa. (Moilanen 2005, 134–136.)

Puuntuotoksen ja siihen liittyvän koko kiertoajan taloudellisen tuoton perusteella hieskoivun määrä turvemailla tulisi harvennuksissa vähentää mahdollisimman pieneksi, mikäli alueella on riittävästi kasvatuskelpoisia havupuita. Tähän perinteiseen suomalaiseen metsänkasvatusmalliin on varmasti järkevä pohjata myös tulevaisuudessa. Turvemailla kasvaa kuitenkin runsaasti hieskoivikoita, joissa ei ole tarpeeksi havupuuta kasvatettavaksi. Tiheitä, hieskoivuvaltaisia turvemaan metsiköitä löytyy runsaasti etenkin pohjoisesta Suomesta. Näillä alueilla hieskoivikoista ei ole odotettavissa juurikaan tukkipuutuotosta, kasvatusmenetelmistä riippumatta.

Turvemaan hieskoivikoita on pyritty usein hoitamaan perinteisin metsänkasvatusten menetelmin, sisältäen taimikonharvennukset ja harvennushakkuut. Hieskoivikoiden harvennusvasteen on kuitenkin todettu olevan heikko, eikä harvennuksilla pystytä lisäämään turvemaiden hieskoivikoiden kokonaistuotosta (Ferm 1988, 46–47; Saramäki 1981, 16; Hytönen ym. 2014, 51; Niemistö ym. 2017, 20–21; Niemistö 2013, 18–19.) Nykyään turvemaiden hieskoivikoiden kasvatukseen suunnatut ohjeet suosittavatkin kasvattamista hyvin tiheissä asennoissa.

5.1 Hieskoivulle uudistettavia erikoiskohteita

Hieskoivun energiapuukasvatuksen kohteita turvemaille voisivat ensisijaisesti olla ravinne-epätasapainosta kärsivät ojitusalueet, haasteelliset tai epäonnistuneet havupuun viljelykohteet, ns. passiivikohteet (puuston kasvu 1–2 m³/ha/a), epäonnistuneet pellonmetsityskohteet sekä vanhat, viljelemättä jääneet, luontaisesti metsittyvät suopellot (Hytönen ym. 2017, 62). Hieskoivun juuristo kestää huomattavasti muita puulajejamme paremmin vajaahappisia ja kosteita olosuhteita, joten se on monin paikoin ainut puulaji, jota voidaan em. kohteilla kasvattaa ilman voimakkaita ja kalliita maanparannustoimenpiteitä (Saramäki 1981, 1–13).

Ojitetuille viljaville turvemaille hieskoivun taimikko syntyy usein luontaisesti. Taimia voi syntyä hehtaarille jopa satoja tuhansia. Maanmuokkaus ja lannoitus parantavat taimettumismahdollisuuksia ja taimien kasvua. (Ferm 1988, 48.) Hieskoivun annetaankin usein tietoisesti tulla tietyille kasvupaikoille, joilla muiden puulajien menestyminen on epävarmaa tai metsänviljely tulisi kohtuuttoman kalliiksi kohteen tuotoskykyyn nähden (Verkasalo 2007).

Myös suurin osa suopelloista on metsityskelpoisia. Haasteiksi muodostuvat yleensä suopeltojen ravinne-epätasapaino, pintakasvillisuuden kilpailu sekä halanarkuus. Ravinne-epätasapainosta johtuen suopeltojen metsityksessä joudutaan yleensä turvautumaan lannoitukseen. Tuhkalannoitus sopii yleensä hyvin, mutta sen soveltuvuus on kuitenkin syytä varmistaa ravinneanalyyysillä. Istutus on varmin tapa perustettaessa ensimmäistä sukupolvea suopellolle, mutta myös

luontainen uudistaminen voi onnistua, jos pellon reunoilla tai saroilla kasvaa siementävää puustoa ja alueelle tehdään maanmuokkaus. Myös pintakasvillisuuden torjunta on tehtävä tarvittaessa. (Vanhatalo ym. 2015, 58.) Viljaville pelloille hieskoivu soveltuu hyvin, mikäli halutaan kasvattaa energiapuuta.

Ongelmallisilla uudistusaloilla, esimerkiksi vedenvaivaamilla turvemaidella hieskoivun kasvatus voi olla kannattavaa jopa pääpuulajina. Näillä alueilla havupuulle uudistaminen voi epäonnistua sekä taimikonhoidon kustannukset tulla huomattavan kalliiksi, joten hieskoivun kasvattaminen tiheikkönä voi olla taloudellisesti järkevin vaihtoehto (Verkasalo 2007).

5.2 Tutkimustuloksia turvemaiden hieskoivikoiden kasvatusvaihtoehdoista ja kannattavuudesta

Luonnonvarakeskuksen (aiemmin Metsäntutkimuslaitos) 20–30 vuotta jatkuneissa, ojitettujen turvemaiden hieskoivikoiden kasvattamisen taloudellista kannattavuutta selvittäneissä tutkimuksissa, on tutkittu Keski-Pohjanmaalta läntiseen Lappiin ulottuvalla alueella hieskoivikoiden erilaisia kasvatusketjuja sekä kasvatusketjujen kannattavuutta. Aineistona tutkimuksissa on ollut 19 koemetsikköä ja 245 koealaa, joiden kasvua on seurattu viiden vuoden välein toistuvien mittauksin ja laskelmin. Tutkimukset on perustettu kolmessa erilaisessa metsikön kehitysvaiheessa. Taimikkokohteet (9 kohdetta) olivat perustamishetkellä 3–8 metrin pituisia, energiapuuharvennuskohdet (7 kohdetta) olivat 8–11 ja ainespuu-harvennuskohdet (3 kohdetta) 12–14 metrin pituusvaiheessa. Tavoitteena on ollut selvittää, miten turvemaan hieskoivikoista saadaan mahdollisimman hyvä taloudellinen tuotos, joko kuitupuuna, energiapuuna tai hyödyntäen molemmat edellä mainitut yhdessä. (Niemistö ym. 2017, 3–5.) Kyseessä olevien tutkimusten tuloksia esitellään vuonna 2017 julkaistussa artikkelissa ”*From useless thickets to valuable resource? - Financial performance of downy birch management on drained peatlands*” (Niemistö ym. 2017.)

Tutkimuskohteille on muodostettu kasvatusketjut, jotka sisältävät harventamattoman vaihtoehdon lisäksi eri voimakkuuksin käsiteltyjä harvennuksia (taulukko 1),

useita vaihtoehtoisia päätehakkuuajankohtia sekä eri tuottovaatimusten mukaan tehdyt kannattavuuslaskelmat (Niemistö ym. 2017, 8). Kannattavimman kasvatuketjun valinnassa korostuvat mahdolliset kohteen aiemmat käsittelyt, tuotannon tavoite (kuitu- vai energiapuu) sekä kohteille taloudellisesti kannattavimpien korjuukoneiden saatavuus (Niemistö ym. 2017, 20).

Taulukko 1. Käsittelyketjujen toimenpiteen toteutuksen jälkeiset runkoluvut (Niemistö, 2012).

Harvennus:	Taimikon harvennus	Energiapuu-harvennus	Ainespuu-harvennus
Voimakas	700-1100	650-1000	650-800
Tavanomainen	1200-2000	1100-1500	1000-1100
Lievä	2500-3500	1700-2200	1400-1500
Hyvin lievä	5000-7000	2500-3000	1900-2500
Ei harvennusta	15000-40000	4000-10 000	5000

Tutkimuksessa on käytetty kuitupuulle tienvarsihintaa 30 €/m³, energiarangalle 24 €/m³ ja kokopuulle 21 €/m³. Metsänhoitotyön hintana tutkimuksessa on käytetty 35 €/h ja puunkorjuun kustannukset on laskettu käyttäen eri varustein varustettujen koneketjujen arvioituja kustannuksia, huomioiden rungon koon, hehtaarikohtaisen kertymän sekä aikamenekin. (Niemistö ym. 2017, 6.)

Tutkimusten yhtenä tärkeimpänä tuloksena on pystytty mittauksin ja laskelmin esittämään, että turvemaiden hieskoivikoiden harvennushakkuut ovat yleensä kannattamattomia. Näin etenkin kohteissa, joissa taimikonhoito on jäänyt tekemättä. (Niemistö ym. 2017, 20–22.) Hieskoivikolle voi tehdä taimikonharvennuksen alle viiden metrin pituisena, mikäli kustannus pysyy kohtuullisena. Tällöin taimikonhoidon kustannus säästetään yleensä pienempänä korjuukustannuksena päätehakkuussa runkokoon ollessa suurempi. Taimikonhoidon aikaistaminen laskisi kustannuksia, mutta silloin on vaarana, että saadaan alueelle entistä tiheämpi, vesoista syntynyt taimikko. Yli viiden metrin pituusvaiheisessa hieskoivikossa taimikonharvennusta ei tutkimusten mukaan enää kannata tehdä, mikäli ei

esimerkiksi haluta vapauttaa tilaa kuusialikasvokselle. (Niemistö ym. 2017, 20–21)

Tutkimuskohteilla, joille taimikonharvennusta ei oltu aikanaan tehty, kaikkein kannattavinta on kasvattaa hieskoivikkoa harventamattomana päätehakkuuseen asti. Päätehakkuu toteutetaan kokopuunkorjuuna 40–45 vuoden iässä, jos käytössä on kokopuunkorjuuseen soveltuva korjuukalusto (esim. keräävä Bracke C16 b bioenergiakoura). Mikäli kokopuunkorjuuseen ei ole käytettävissä sopivaa kalustoa, niin tällöin on järkevää jatkaa kiertoaikaa noin kymmenellä vuodella ja toteuttaa päätehakkuu integroituna korjuuna, kuitupuuna ja energiarankana. (Niemistö ym. 2017, 20–21.)

Energiapuuharvennuksia turvemaiden hieskoivikoille ei tutkimusten mukaan kannata tehdä, koska lievänä toteutettuna ne ovat liian kalliita ja voimakkaimmissa harvennuksissa aiheutetaan suuri kasvutappio. Energiapuuharvennusten vaikutus päätehakkuupuuston runkokokoon jää myös pieneksi, koska ilman harvennustakin hieskoivikon pienimmät puut ehtivät kuolla luontaisesti ennen päätehakkuuta (Niemistö ym. 2017, 21.)

Ilman taimikonhoitoa ja harvennuksia kasvattaminen on tutkimusten mukaan kannattavaa etenkin, jos halutaan tuottaa pelkästään energiapuuta. Yllättäen kuitenkin myös kuitupuun tuotos oli kaikkein korkein hoitamattomissa ja harventamattomissa kohteissa. Tämä johtuu nuorten hieskoivujen paremmasta kilpailunkestävyydestä muihin puulajeihin nähden. (Niemistö ym. 2017, 20–21.)

Jos tavoitteena on tuottaa pelkästään kuitupuuta, lievä taimikonhoito noin 2500 rungon tiheyteen ennen viiden metrin pituusvaihetta on kuitenkin kilpailukykyinen vaihtoehto harventamattomaan verrattuna. Tällöin päätehakkuuvaiheessa runkokoko on suurempi, kattaen kohtuullisen taimikonhoitokustannuksen. Tässä kasvatusketjussa ensiharvennuksen voi myös toteuttaa 13–15 metrin pituusvaiheessa, mutta sillä ei ole juurikaan merkitystä koko kiertoajan kannattavuuteen. Kuitupuun kasvatukseen tähtäävän kasvatusketjun kannattavin kiertoaika näyttäisi tutkimusten mukaan olevan 50–65 vuotta (Niemistö ym. 2017, 20–21.)

Tiivistettynä tutkimusten tulokset osoittavat, että hieskoivikoiden hoitotyöt ja harvennushakkuut turvemaalla ovat pelkästään kannattavuutta tarkastellen turhaa. Hieskoivu reagoi vain heikosti lisääntyneeseen kasvutilaan ja voimakkaammat käsittelyt vähentävät puustopääomaa, aiheuttaen kasvutappiota. Hoitotöiden ja harvennushakkuiden toteuttamiseen täytyy olla muita tavoitteita, joita voisi olla esimerkiksi kuusialikasvoksen vapauttaminen, hyvälaatuisilla ravinteikkailla kohteilla tukkipuun tuottaminen tai maisemalliset arvot. Luonnonvarakeskuksen tutkimuksessa myös huomattiin, ettei ainakaan tämän tutkimuksen osalta pääoman korkoprosentilla ollut juurikaan merkitystä kokonaiskannattavuuteen. Itse asiassa mitä korkeampaa tuottoprosenttia käytettiin, sen kannattavammaksi harvennattomat vaihtoehdot tulivat verraten harvennettuun. Tämä johtuu taimikonhoidon ja varhaisen harvennuksen kustannusten hitaasta kompensoitumisesta, koska hieskoivun harvennusreaktio on vaatimaton ja arvokasvu vähäistä (Niemistö ym. 2017, 20–22.)

Hieskoivutiheikön odotusarvo suurenee nopeasti nuorella iällä, joten esimerkiksi 2 % korolla laskettuna, 2–3 metrin valtapituuteen kasvaneet, mahdollisesti uudistamisen ja hoitotöiden laiminlyöntien seurauksena havupuulta alaa vallanneiden hieskoivikoiden kasvatusta kannattaa jatkaa, eikä lähteä esimerkiksi uudelleen-viljelemään kuuselle. (Niemistö 2016, 7.)

Hieskoivun kasvattaminen tiheikkönä energiapuuksi on myös joustava tuotantomuoto. Pidentämällä hieskoivikon kiertoaikaa 50–65 vuoteen, voidaan tiheikkö kasvattaa myös kuitupuuksi kiertoajan kokonaiskannattavuuden siitä kärsimättä.

6 Metsähallitus

Metsähallitus on valtion liikelaitos, jonka tehtävät on jaettu liiketoimintaan sekä pääasiassa budjettivaroin hoidettaviin julkisiin hallintotehtäviin. Metsähallituksen liiketoimintaa harjoittavat tytäryhtiöt sekä Metsähallitus Kiinteistökehityksen tulosalue. Julkisia hallintotehtäviä hoitavat Metsähallituksen Luontopalvelut ja Eräpal-

velut -yksiköt. (Metsähallitus 2017a.) Eduskunta hyväksyy vuosittain Metsähallituksen keskeiset palvelu- ja muut toimintatavoitteet. Eduskunnan linjauksien pohjalta Maa- ja Metsätalousministeriö sekä Ympäristöministeriö määrittävät tarkemat linjaukset toiminnan tulos- sekä muista tavoitteista sekä julkisten hallintotehtävien toiminnan rahoittamisesta. (Metsähallitus 2017b.)

Vuonna 2016 uudistettu laki Metsähallituksesta määrittelee Metsähallituksen tehtäviksi sen hallinnassa olevien luonnonvarojen ja muun omaisuuden kestävän ja tuloksellisen hoidon, käytön ja suojelun. Muiden tavoitteiden ohessa myös biologisen monimuotoisuuden suojelu tulee ottaa huomioon. (Metsähallitus 2017b.)

Tytäryhtiöt mukaan lukien vuonna 2016 Metsähallitus-konsernin työllistävä vaikutus oli yli 1400 henkilötyövuotta. Lisäksi välillistä työllistävää vaikutusta, lähinnä ulkopuolisten urakoitsijoiden toimesta, laskettiin olevan noin 1000 henkilötyövuotta. Metsähallituksen henkilöstö on hajaantunut ympäri Suomen (Metsähallitus 2017c.), ja Metsähallitus onkin merkittävä työllistäjä monissa Pohjois-Suomen kunnissa, joissa sijaitsee paljon valtion omistamia maa- ja vesialueita.

6.1 Metsähallitus Metsätalous Oy

Metsähallitus Metsätalous Oy (myöhemmin Metsätalouslyhtiö) on valtion kokonaan omistama tytäryhtiö. Metsätalouslyhtiössä toimii noin 700 työntekijää ympäri Suomen. Metsätalouslyhtiön tehtävänä on hoitaa ja käyttää liiketoiminnassa olevia, noin 3,5 miljoonaa hehtaaria, valtion monikäyttömetsiä sekä tuottaa puuta kestävästi ja kannattavasti metsä-, saha- ja energiateollisuuden tarpeisiin. (Metsähallitus 2017d.)

Metsätalouslyhtiön monikäyttömetsät ovat kaikkien käytettävissä ja metsätalouden ohella ne ovat tärkeitä virkistysalueita, jotka mahdollistavat mm. metsästyksen, kalastuksen, marjojen ja sienien keräämisen ja retkeilyn. Lisäksi monikäyttömetsissä harjoitetaan elinkeinotoimintaa mm. porotalouden ja matkailun piirissä. (Metsähallitus 2017d.)

Koko Metsähallituksen liikevaihdosta 90 % tulee puun myynnistä. Puuston vuotuisen kasvun monikäyttömetsissä on laskettu olevan noin 11 miljoonaa kuutiometriä. Puuta myydään teollisuudelle vuosittain noin 6 miljoonaa kuutiometriä, mikä vastaa noin kahdeksan prosentin osuutta kotimaisen teollisuuden tarvitsemasta määrästä. Toiminnasta saatavat, noin 100 miljoonan euron vuotuiset tuotot, tuloutetaan valtiolle. (Metsähallitus 2017d.) Metsätalousyhtiö toimittaa puuta yli sataan toimituspaikkaan. Suurimpia asiakkaita ovat suomalaiset sellu-, paperi- ja sahateollisuustuotteita valmistavat yritykset, mutta puuta toimitetaan myös mm. energiateollisuudelle. Metsätalousyhtiö toimittaa puutavaran sopimusten mukaisesti, asiakkaan mitta- ja laatuvaatimuksin sekä asiakkaan toivomana ajankohtana. (Metsähallitus 2017e.)

6.2 Metsähallitus Metsätalous Oy:n energiapuuliiketoiminta

Metsätalousyhtiö on aktiivinen toimija energiapuubisneksessä ja korjaa energiapuuta kohteista, joilla se on taloudellisesti kannattavaa. Energiapuun kysyntä vaihtelee huomattavasti alueittain ja koko toiminta-alueelta ei ole kannattavaa kerätä ja toimittaa lainkaan energiapuuta, koska välimatka käyttökohteisiin on liian pitkä. Metsähallituksen energiapuutoimintaan ei myöskään saada Kemera-tukia.

Energiapuun korjuussa otetaan huomioon kannattavuuden ohella myös ekologiset arvot, ja korjuu rajataan alueille, joilla siitä ei aiempien tutkimusten mukaan ole haittaa ympäristölle tai jäljelle jäävän metsän kasvuille. Metsätalousyhtiö korjaa energiapuuta pääasiassa muun puunkorjuun yhteydessä, niin sanottuna integroituna korjuuna, jossa hakataan sekä ainespuuta että energiapuuta. Energiapuuta korjataan pienissä määrin myös kokopuuna, kohteilla joilla se on taloudellisesti järkevää sekä uudistushakkuualoilta hyödyntäen kannot ja oksat. Energiapuuksi voidaan toimittaa vähäisiä määriä myös ainespuun mitta- ja laatuvaatimukset täyttävää puutavaraa, mikäli se todetaan kannattavaksi. (Metsähallitus 2017f.)

Metsätalousyhtiön energiapuuasiallasiakkaita ovat tehtaot, kaupungit ja kunnat, kaivokset, laskettelukeskukset sekä myös yksityiset henkilöt (Myllymäki 2017b).

Yleensä energiapuu myydään asiakkaille toimitusmyyntinä eli puu toimitetaan energialaitokselle joko valmiina hakkeena tai rankoina ja latvuksina. Metsätalousyhtiö käy puuenergiakauppaa yleensä megawattitunteina (Metsähallitus 2017f.) Vuoden 2017 toimitusmäärä oli noin 500 GWh, josta Metsähallituksen eteläisen Suomen alueelle toimitettiin 30 %, Pohjanmaa-Kainuun alueelle 30 % ja Lappiin noin 40 % kokonaismäärästä (Myllymäki 2017). Ennen toimitusta energiapuuta kuivatetaan vähintään yhden kuivumiskauden ajan tienvarressa tai välivarastolla. Puun kosteudella on erittäin suuri merkitys myyntihintaan. Mikäli erän kosteus on 25 %, tonnista energiapuuta saadaan energiaa lähes 4 MWh, kun taas kastuneista tai lumisista puista energiaa voidaan saada jopa alle 1,5 MWh. (Metsähallitus 2017f.) Puun toimituskosteuden lisäksi kannattavuuden kannalta merkittävimmät tekijät ovat kaukokuljetusmatka käyttökohteeseen sekä korjuukustannukset (Myllymäki 2017b).

7 Opinnäytetyön tarkoitus ja tehtävät

7.1 Opinnäytetyön tarkoitus

Toiminnallinen opinnäytetyö on yleensä työelämän tarpeisiin pohjautuva tehtävä, johon opinnäytetyön avulla pyritään etsimään ratkaisua. Toiminnallisen opinnäytetyön tuloksena pyritään yleensä tuottamaan konkreettinen tuote, paketoitu palvelu, alakohtainen suunnitelma, konsepti tai mallinnus. (Karelia Ammattikorkeakoulu 2018, 7).

Useat ilmastositoumukset ja -sitoumukset tähtäävät fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämiseen. Tästä johtuen bioenergian käyttöä pyritään lisäämään huomattavasti lähitulevaisuudessa ja lisääntyvä bioenergian käyttö vaatii markkinoille yhä suurempia määriä myös energiapuuta. Tämä opinnäytetyö on Metsähallitus Metsätalous Oy:n tarpeisiin pohjautuva esiselvitys, miten turvemaita voitaisiin hyödyntää kannattavasti energiapuun tuotantoon.

Opinnäytetyö rajattiin toimeksiantajan toimesta koskemaan vain Metsähallitukselle vuosittain turvetuotannosta vapautuvia suonpohjia sekä muita hieskoivun kasvatukseen soveltuvia turvemaita. Kivennäismailla on normaalitilanteessa kannattavampaa kasvattaa puuta kuitu- ja sahateollisuuden tarpeisiin, joten tästä syystä kivennäismaat rajattiin pois opinnäytetyöstä.

Opinnäytetyön tulokset pohjautuvat hyvin pitkälle aiempiin tutkimustuloksiin, koska metsän kasvatuksen pitkän aikajänteen takia tässä opinnäytetyössä ei ole mahdollista tai tarvetta tehdä primääristä kasvu- tai kannattavuustutkimusta. Aiempien tutkimusten tulosten perusteella selvitettiin puulajit sekä käytettävät kasvatusmenetelmät, joiden avulla Metsähallituksen hallinnoimilla turvemaidella saadaan todennäköisesti kasvatettua energiapuuta siten, että toiminta kestää taloudellisen tarkastelun.

7.2 Opinnäytetyön tehtävät

7.2.1 Turvetuotannosta vapautuvat alueet

Turvetuotannosta on Suomessa vapautumassa muutamien seuraavien vuosien aikana jopa yli 40 000 hehtaaria jälkikäyttöön (Hytönen ym. 2017, 62), ja suurinta osaa vapautuvasta alueesta on mahdollista hyödyntää metsän kasvatukseen. Turvetuotannosta vapautuvasta alueesta osa on Metsähallituksen vuokraamaa, mutta tarkkaa tietoa vapautuvien alueiden määrästä tai pinta-aloista ei ollut tiedossa.

Opinnäytetyössä selvitettiin Metsähallituksen turvetuotantoon vuokraamien alueiden pinta-alat, ja ennen kaikkea vuokratusta alueesta aktiivisessa turvetuotannossa olevien alueiden pinta-ala. Tuotannossa olevista alueista pyrittiin turvetuottajilta saamaan mahdollisimman tarkka tieto siitä, milloin alueita vapautuu tuotannosta jälkikäyttöön ja kuinka suuria pinta-aloja tulee vapautumaan vuosittain.

Turvetuotannosta vapautuville alueille selvitettiin toimintaperiaatteet sekä menetelmät, jotka mahdollistavat kannattavan toiminnan kasvatettaessa energiapuuta.

7.2.2 Hieskoivun kasvatukseen soveltuvat turvemaat

Opinnäytetyön toisena haarana selvitettiin Metsähallituksen hallinnoimien, hieskoivun kasvatukseen soveltuvien turvemaat-alueiden mahdollista hyödyntämistä energiapuun kasvatukseen. Työssä selvitettiin turvemaat-alueiden ominaispiirteet sekä tekijät, jotka vaikuttavat kannattavuuteen ja kasvatuskohteiden valintaan.

Metsähallituksen työntekijöiden suunnittelutoimintaa ohjaa ”Metsänhoito-ohje”, jossa määritellään kaikille hakkuu- ja hoitotöille toteutusohjeet ja toiminnan linjaukset. Tämän opinnäytetyön tulosten pohjalta ehdotetaan Metsänhoito-ohjeeseen tehtäväksi perusteltuja tarkennuksia turvemaiden hieskoivikoiden käsittelymenetelmien osalta.

8 Toiminnallisen opinnäytetyön vaiheet ja menetelmät

Energiapuun kannattavan kasvattamisen marginaalit ovat pienet. Tälläkin hetkellä osalla Metsähallituksen toiminta-alueesta energiapuun korjaaminen on kannattamatonta. Energiapuun käyttökohteet painottuvat vahvasti sinne, missä on paljon väestöä ja teollisuutta, kun Metsähallituksen hallinnoimat maat taas sijaitsevat pääosin näiden alueiden ulkopuolella. Kaukokuljetuksen kustannukset korjuukohteelta käyttöpaikalle ovatkin usein ratkaisevassa asemassa siinä, saadanko energiapuuliiketoiminta kannattavaksi. Metsänkasvatus on kuitenkin pitkän aikajänteen toimintaa ja energiapuun mahdollisesti vuosikymmenten aikana muuttuva alueellinen kysyntä ja hinta tekevät mahdottomaksi tarkkojen laskelmien tekemisen siihen, millä alueella energiapuuta kannattaa kasvattaa ja millä taas ei.

Opinnäytetyössä selvitettiin energiapuun kannattavaan kasvatukseen vaadittavat menetelmät ja toimet, mutta yksityiskohtaisia kustannuslaskelmia ei tämän työn ohessa tehty.

8.1 Työvaiheet turvetuotannosta vapautuvien alueiden osalta

Turvetuotantosopimukset saatiin analysoitavaksi Metsähallituksen Kiinteistökehitys -prosessilta, joiden pohjalta selvisi kohteittain turvetuottaja sekä tuotantoon vuokrattu pinta-ala. Vuokratuista alueista osa on turvetuotannon tukialueita, joita ei ole tarkoitustakaan käyttää itse tuotantoon vaan ne ovat muutoin toiminnan kannalta oleellisia. Nämä alueet poistettiin vuokralistauksista, että ne eivät väärin todellisen tuotannon pinta-aloja. Tämän rajauksen jälkeen sopimusten pohjalta otettiin yhteyttä tuottajiin ja selvitettiin todelliset tuotannossa olevat alat sekä niiden arvioidut tuotannon loppumisvuodet lohkoittain. Työssä pyrittiin mahdollisimman tarkasti selvittämään vuosittain vapautuvien alueiden kokonaispinta-ala sekä mahdollisuuksien mukaan vapautuvien alueiden sijainnit.

Turvetuotantoon vuokratut alueet saatiin paikkatietona kartalle Metsähallituksen Silvia-suunnittelujärjestelmässä. Tämä auttoi alueiden sijaintien selvittämisessä, sekä mahdollisti erinäisiä visuaalisia tulkintoja myös pohjakarttojen, ilmakuvien, vinovalovarjokuvien ym. tausta-aineiston avulla.

8.2 Turvemaiden hieskoivikoihin liittyvät työvaiheet

Hieskoivun kasvatukseen soveltuvista turvemaista pyrittiin hakemaan, koko Metsähallituksen tasolla ja rajattuna pienempiin alueisiin, Metsähallituksen Silvia-suunnittelujärjestelmässä paikkatieto kartalle. Hakuun oli mahdollista sisällyttää muun muassa haluttuja puuston rakenteeseen, maapohjan ravinteisuuteen tai sijaintiin liittyviä rajaavia määreitä.

Pääasiallisena tarkoituksena oli esittää perinteisten, ainespuun kasvatukseen tähtäävien metsänkasvatusmenetelmien rinnalle, energiapuun kasvatukseen

tähtäävä vaihtoehtoinen toimintamalli turvemaiden hieskoivikoille. Energiapuuvarrannon kasvattaminen onnistuu todennäköisesti helpoiten jo olemassa olevien nuorten hieskoivutaimikoiden sekä nuorien kasvatusmetsien avulla, kasvatusmenetelmiä muuttamalla. Opinnäytetyössä pyrittiin myös tarkastelemaan, voisiko joillain turvemaa-alueilla tietoinen uudistaminen hieskoivulle, havupuiden viljelyn kustannuksella, olla kannattavaa.

Metsähallituksen hallinnoimat maat sijaitsevat pääasiassa Pohjois-Suomessa, mutta pienempiä metsäalueita on ympäri toiminta-aluetta. Koko Suomen kattavaa yhtenäistä mallia hieskoivikoiden energiapuukasvatukseen ei näin ollen voida esittää, vaan kasvatusmenetelmiä sekä kasvatuksen tavoitteita on tarkasteltava ainakin Pohjois- ja Etelä-Suomen osalta erikseen.

9 Aineiston käsittely ja tulokset

9.1 Turvetuotannosta jälkikäyttöön vapautuvat alueet

9.1.1 Käytetty aineisto

Turvetuotantoalueista on muutaman seuraavan vuoden aikana vapautumassa kymmeniä tuhansia hehtaareja jälkikäyttöön koko Suomen mittakaavassa. Opinnäytetyön avulla pyritään, Metsähallituksen vuokraamien alueiden osalta, varautumaan kasvaviin turvetuotannon jälkikäyttötoimiin. Alueita voisi olla mahdollista hyödyntää lyhytkiertoisien energiapuun kasvatukseen, mikäli toiminta saadaan taloudellisesti kestäväälle pohjalle.

Opinnäytetyötä varten saatiin Metsähallituksen Kiinteistökehitys -prosessilta käyttöön lista Metsähallituksen turvetuotantoon vuokraamista alueista. Listauksesta käy ilmi sopimusten kappalemäärät sekä pinta-alat sopimuksittain. Kokonaisuudessaan Metsähallitukselta turvetuotantoon on vuokrattu noin 17 500 hehtaaria (tilanne lokakuussa 2017). Sopimusluettelo sisältää kuitenkin myös kaikki turvetuotannon tukialueet, jotka eivät ole itse tuotannossa mukana. Tukialueita

ovat mm. kuivatusvesille tarvittavat ojat, pintavalutuskentät ja laskeutusaltaat sekä tie- ja varastoalueet. Näiden pinta-ala on sopimusten mukaan noin 700 hehtaaria, joten itse turvetuotantoon vuokrattu pinta-ala on noin 16 800 hehtaaria. Sopimuksia on tehty noin 200 kappaletta. Turvetuotantoyritysten nimien julkaisulla ei saada opinnäytetyöhön lisäarvoa, joten kahdesta suurimmasta yrityksestä käytetään jatkossa nimiä Turveyritys 1 ja Turveyritys 2.

Vuoden 2017 lokakuussa ajettujen sopimuslistojen mukaan Turveyritys 1 hallinnoi Metsähallitukselta turvetuotantoon vuokratusta alueesta noin 55 prosenttia (9 270 ha). Toinen suuri yritys on Turveyritys 2, joka hallinnoi pinta-alasta noin kolmasosaa (5 620 ha). Loput turvetuotantoon vuokratusta alueesta (1 900 ha) hajoaa noin 20 pienemmän yrityksen hallintaan. Vuokra-alueista suuri osa on todellisuudessa kuitenkin vain varaustilassa, eikä niillä ole turvetuotantotoimintaa tai edes tällä hetkellä siihen tähtääviä toimia käynnissä. Toisin sanoen, aktiivisesti turvetuotannossa tällä hetkellä käytössä olevat alat ovat huomattavasti vuokratuista aloja pienemmät.

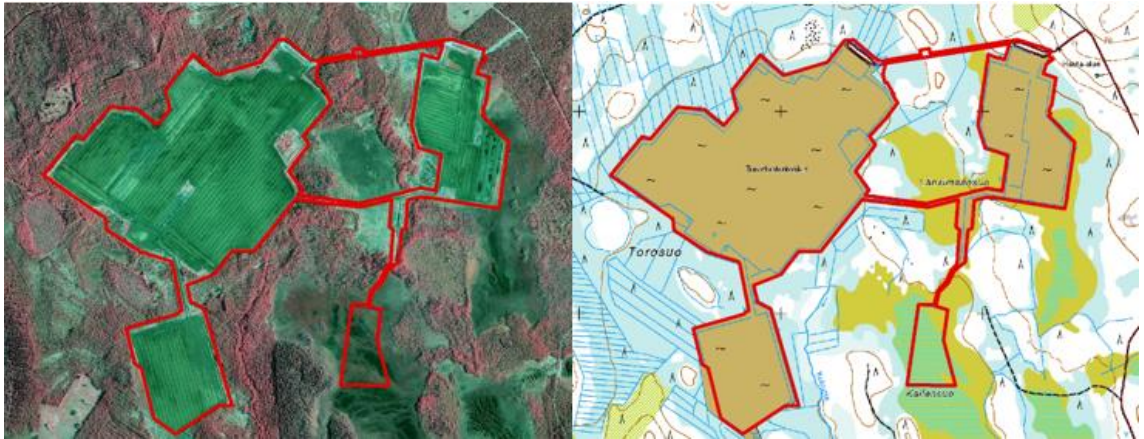
9.1.2 Aineiston käsittely

Turvetuotannosta vapautuvien alueiden määriä tarkastellessa otanta kohdistettiin turvetuotantosopimuksiin, joiden arvioitu turvetuotannon lopettamisaika on 1.1.2018 – 31.12.2027. Otantaa rajattiin seuraavaan kymmeneen vuoteen, koska turvetuotannon kestoon yksittäisellä kohteella vaikuttavat monet tekijät, joita on vaikea arvioida varmasti edes muutaman vuoden päähän. Merkittävin turvetuotannon kestoon vaikuttava seikka on sateiset kesät, jolloin voi käydä, ettei turvetta saada nostettua kuin murto-osa kuivaan kesään verrattuna. Pitkällä aikavälillä turvetuotantoon voivat vaikuttaa lähinnä poliittiset päätökset. Edellä mainituista seikoista johtuen turpeennosto voi viivästyä jopa vuosilla arvioidusta loppumisaikasta. Vapautuvien alueiden vuosittainen tarkka määrä ei ollut kuitenkaan ratkaiseva seikka, vaan tärkeämpää oli selvittää vapautuvien alueiden pinta-alan suuruusluokka vuositasona.

Seuraavan kymmenen vuoden aikana vapautuvien alueiden määrää selvitettiin suoraan tuottajilta, parhaan mahdollisen tarkkuuden saamiseksi. Pienemmiltä tuottajilta kysyttiin puhelimitse, jokaisen sopimuksen osalta erikseen, ovatko alueet todella turvetuotantokäytössä ja milloin alueet, tai osia alueista, on vapautumassa jälkikäyttöön. Turveyritys 1:lle ja Turveyritys 2:lle koostettiin sopimuskohteista listaus ja lähetettiin tuottajille sähköpostin liitteenä, tarkoituksena saada lisätietoja alueiden tilasta ja käytöstä. Ensisijaisesti tietoa pyydettiin siitä, onko sopimusaluetta hyödynnetty turvetuotantoon. Mikäli alue oli tuotantokäytössä, pyydettiin turvetuottajia lisäksi arvioimaan, parhaan tiedon mukaan, tuotannon loppumisvuosi sopimuslohkoittain.

Turveyritys 2:n osalta saatiin sähköpostitse vastaukset tuotannon tilasta ja arvioidut jälkikäyttöön vapautuvat pinta-alat vuosittain. Turveyritys 1:n vastaus oli, että heidän on mahdotonta lähteä käymään listaa läpi ja lisäksi tuotannon loppuminen johtuu niin monesta seikasta, että niitä ei voi vuositasolla lähteä ennakkoon arvioimaan. Turveyritys 1:n näkemyksen mukaan turvetuotantosopimusten päättymispäivää voi käyttää hyvänä arviona tuotannon loppumisajasta.

Tuotantoalueet tarkistettiin myös Metsähallituksen paikkatietojärjestelmästä, koska varsinkin Turveyritys 1:n alueiden osalta tämä oli todellisten tuotannossa olevien kohteiden selvittämiseksi välttämätöntä. Tuotantoalueet haettiin kohde kerrallaan kartalle ja tulkittiin alueiden käyttöä sekä pohjakartan että ilmakuvien perusteella. Aktiivisesti turvetuotannossa olevat alueet näkyvät ilmakuvassa selvästi tiheään sarkaojituksen takia sekä avoimena kasvittomana alana (kuva 4). Tulkinnassa epävarmuutta aiheuttaa ainoastaan ilmakuvien ajantasaisuus, koska ne voivat joillain alueilla olla useamman vuoden vanhoja. Tällä ei kuitenkaan ole merkittävää vaikutusta, koska jos alue on otettu tuotantoon muutaman viimeisen vuoden aikana, niin tuotanto jatkuu todennäköisesti kymmeniä vuosia eteenpäin. Koko tuotannossa olevaan pinta-alaan tämä voi kuitenkin tuoda epätarkkuutta, mutta virhe voi todennäköisesti suurimmillaankin olla vain muutamia satoja hehtaareja.



Kuva 4. Kuvapari turvetuotantoalueesta ilmakuvassa ja peruskartalla (Metsähallituksen Silvia-suunnittelujärjestelmä).

9.1.3 Tulokset turvetuotannosta vapautuville alueille

Turvetuottajilta saatujen tietojen sekä sopimusten ja ilmakuvatarkastelun perusteella aktiivisessa turvetuotantokäytössä (marraskuussa 2017) on noin 5 000 hehtaaria Metsähallitukselta vuokratusta alueesta. Tuotannossa olevista alueista Turveyritys 1 toimii noin 2 300 hehtaarilla (46 %), Turveyritys 2 noin 2 100 hehtaarilla (42 %) ja loput, noin 600 hehtaaria (12 %), jakautuvat pienille yrityksille.

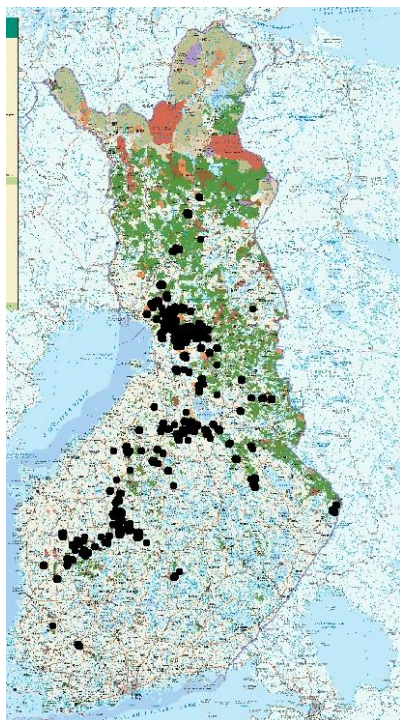
Turveyritys 2:n hallinnoimista alueista seuraavan kymmenen vuoden aikana on, tuottajalta saadun tiedon mukaan, vapautumassa jälkikäyttöön noin 350 hehtaaria. Turveyritys 1:n kohteiden osalta joudutaan tyytymään sopimuksen loppumispäivämääriin, jotka on arvioitu vuokrasopimuksia laadittaessa. Turvetuotantokäytössä olevia alueita, joiden sopimukset loppuvat viimeistään 2027, on Turveyritys 1:llä noin 1 000 hehtaaria. Pienempien tuottajien alueita on puhelinkyselyjen mukaan vapautumassa seuraavan 10 vuoden aikana noin 500 hehtaaria.

Kaiken kaikkiaan seuraavan 10 vuoden aikana turvetuotannosta Metsähallitukselle jälkikäyttöön on vapautumassa hieman alle 2 000 hehtaaria suonpohjia. Määrä voi etenkin 10-vuotiskauden lopulla kasvaa, kun pienempiä osia myöhemmin vapautuvaksi arvioitujen sopimusten aloista vapautuu. Toisaalta osia niistä, jotka on arvioitu vapautuvan jo seuraavan kymmenen vuoden aikana, siirtynee

eteenpäin, joten suuruusluokan voi olettaa olevan oikeansuuntainen. Tarkkoja vuosittaisia määriä on mahdotonta ennustaa, mutta keskimääräisesti vapautumassa seuraavan kymmenen vuoden aikana olisi noin 200 hehtaaria vuodessa.

Hytösen ym. (2017, 62) esittämien arvioiden mukaan turvetuotannosta olisi vuoden 2020 mennessä vapautumassa jopa 40 000 hehtaaria suonpohjia. Metsähallitukselle turvetuotannosta jälkikäyttöön vapautuvan alueen määrä näyttäisi jäävän pieneksi tulevien vuosien vapautuvaan kokonaismäärään verrattuna. Metsähallitukselle vapautuvien alueiden määrä on myös huomattavan pieni, verrattuna Metsähallituksen koko toiminnan laajuuteen.

Metsähallitukselta vuokratut turvetuotantoalueet sijoittuvat pääasiassa Pohjois-, Keski- ja Etelä-Pohjanmaalle, mutta kohteita löytyy pienissä määrin myös muulla toiminta-alueella, pohjoista Lappia lukuun ottamatta (kuvio 7). Turvetuotantoalueet sijoittuvat kuitenkin pääosin alueelle, jolla on myös energiapuuta käyttäviä laitoksia kohtuullisen kuljetusmatkan säteellä. Näin ollen turvetuotantoalueita voisi hyödyntää energiapuun kasvatukseen ainakin alueilla, joilla energiapuun kysyntää oletetaan olevan myös tulevaisuudessa.



Kuvio 7. Metsähallitukselta turvetuotantoon vuokrattujen kohteiden sijainnit (Metsähallituksen Silvia-suunnittelujärjestelmä).

9.2 Hieskoivun kasvatukseen soveltuvat turvemaat Metsähallituksen hallinnoimilla mailla

9.2.1 Käytetty aineisto ja sen käsittely

Metsähallituksen hallinnoimilla mailla turvemaiden hieskoivikoita sijaitsee koko toiminta-alueella. Turvemaiden hieskoivikoiden paikkatiedon hakeminen luotettavasti tietojärjestelmistä osoittautui kuitenkin haasteelliseksi. Laserkeilausaineistosta turvemaiden hieskoivikoiden hakeminen onnistuu, mutta tietokantahaku on liian laaja tehtäväksi Silvia-suunnittelujärjestelmällä koko Metsähallituksen hallinnoimien maiden osalta. Jos halutaan hakea em. tietoja hieskoivikoista, haku tulee tehdä ArcMap -ohjelmiston avulla suoraan tietokannasta. Myöskään laserkeilausaineiston pääpuulajin mukaan alueita ei voida luotettavasti hakea, koska keilaus tuottaa puustotiedon vain puulajeille mänty-kuusi-lehtipuu. Lehtipuu sisältää siis hieskoivun lisäksi myös rauduskoivun ja haavan. Lisäksi vaikka laserkeilausaineiston pääpuulajiksi määritellään tietty puulaji, todellinen tilanne maastossa voi olla huomattavasti erilainen sekä pääpuulajin että etenkin puulajisuhteiden osalta. (Heikkinen 2017.)

9.2.2 Turvemaiden hieskoivikoihin liittyvät tulokset

Turvemaiden hieskoivikoiden paikkatietoja ei voitu luotettavasti selvittää siten, että sitä olisi järkevää edes esittää paikkatietona koko Metsähallituksen monikäyttömetsien osalta. Metsähallituksen suunnitteluasiantuntijan avulla haettiin kuitenkin esimerkkikohteena pienemmältä, yhden tiimin alueelta, turvemaiden hieskoivikoiden paikkatiedot vanhan paikkatietojärjestelmän, SutiGis:n aineistoon perustuen. SutiGis -aineistossa puulajisuhteet on joskus määritelty maastotarkastuksin, joten sekä pääpuulaji että puulajisuhteet ovat yleensä oikeansuuntaisia. Kuitenkin kuvioiden viimeisimmät inventointipäivät voivat olla jopa viime vuosituhaten lopulta, ja puustoa on kasvatettu vain tietojärjestelmissä keskimääräisten kasvupaikkaan perustuvien kasvumallien mukaisesti.

SutiGis -aineistosta saatiin kuitenkin suuntaa antava suuruusluokka hieskoivikoiden määrästä. Haku rajattiin koskemaan Keski-Pohjan metsätiimin toiminta-alueella Metsähallituksen monikäyttömetsien turvemaakuvioita. Lisäksi kuviojoukkoa rajattiin puuston mukaan siten, että hakuun tulivat vain kuviot, joiden puustosta vähintään 80 % on inventointihetkellä arvioitu hieskoivuksi. Puuston keskiläpimitta rajattiin alle 17 cm:n, eli lopulliseen kuviojoukkoon jääneet kuviot ovat kehitysluokaltaan taimikoita ja nuoria kasvatusmetsiä.

Edellä mainittujen hakuehtojen perusteella Keski-Pohjan metsätiimin alueelta löytyi hieman yli 300 ehdot täyttävää metsikkökuviota, joiden yhteenlaskettu pinta-ala on noin 500 hehtaaria. Metsähallituksen hallinnoimilta mailta nuoria turvemaan hieskoivikoita löytyy jo esimerkkihaun perusteella pääteltynä vähintäänkin useita tuhansia hehtaareita.

Mikäli turvemaiden hieskoivikoista halutaan tarkempia, alueellisia määriä tai sijaintitietoja, niin paikkatietojärjestelmien ohella kannattaa hyödyntää myös Metsähallituksen suunnittelijoiden paikallistuntemusta, koska heillä on paljon tietoa metsien rakenteesta omilla toimintapiireillään.

10 Toimintatapojen kehittäminen

10.1 Kannattava energiapuun kasvatus jälkikäyttöön vapautuneilla turvetuotantoalueilla

Turvetuotannosta vapautuvia suonpohjia on mahdollista hyödyntää kannattavasti energiapuun kasvatukseen. Riskittömin ja järkevin vaihtoehto Metsähallituksen hallinnoimilla mailla on varmasti pyrkiä kasvattamaan hieskoivua. Hieskoivikko saadaan yleensä aikaan luontaisesti tai ainakin pienin kustannuksin, kun esimerkiksi pajut vaatisivat istutuksen ensimmäiselle sukupolvelle sekä myöskin usein toistuvia lannoituksia. Muista puulajeista on vielä liian vähän tutkimustietoa, että niiden viljelyä kannattaisi edes harkita, ainakaan muutoin, kuin pienillä koeluo-
toisilla kohteilla.

Mikäli turvetuotantoalue päätetään metsittää, täytyy metsittäminen tehdä mahdollisimman nopeasti turvetuotannon loppumisen jälkeen. Tässä vaiheessa on tehtävä ratkaisu puulajista sekä metsänkasvatuksen tavoitteista. Kaikki vaihtoehdot on aina syytä miettiä tarkasti ja tehdä päätös huolellisen pohdinnan jälkeen. Vaihtoehtona energiapuun kasvattamiselle on esimerkiksi männyn tai rauduskoi-vun kasvatusta, tavoitellen ainespuuta. Turvetuotantoalueiden metsittämisessä on joka tapauksessa tiedostettava myös epäonnistumisen riskit, joista varmasti vakavimmat voisivat olla hirvieläimien aiheuttamat taimikkovaiheen tuhot.

10.1.1 Toimenpiteet hieskoivun kasvatukseen suonpohjalla

Turvetuotannon loppumisesta olisi saatava tieto vielä tuotannon käynnissä ollessa, jolloin voidaan alkaa varautumaan tuleviin toimenpiteisiin. Vapautuva alue tulee rajata siten, että metsitettävät ja muuhun jälkikäyttöön siirtyvät osat erotetaan tarkasti mm. turpeen paksuutta ja alueen vesitaloutta tarkastellen. Jo tuotannon lopettamisvuonna on syytä tehdä tarvittavat suunnitelmat mahdollisista ojien perkauksista ja vesien johtamisista pois alueelta sekä teettää kohteelle maaperäanalyysit.

Tuhkalannoitus on tehtävä mahdollisimman nopeasti turvetuotannon loppumisen jälkeen, jolloin turvepinta ei ole kerennyt vielä kasvittua. Siementävien koivujen määrä ja etäisyys alueesta tarkastetaan silmämääräisesti. Koivikon siementävä vaikutus ylittää noin 200 metrin päähän, ja tarvittaessa metsitettävä alue rajataan siten, että alueet, joille reunametsän siementävä vaikutus ei yllä, suunnitellaan toteutettavaksi hajakylvö hieskoivun siemenellä. Kylvö voidaan tehdä ilman maanmuokkausta turvepinnalle. Hajakylvön kustannus on pieni, noin 200 euroa hehtaarille. Nopean lannoituksen ja tarvittaessa hajakylvön avulla saadaan todennäköisesti uusi taimikko aikaan nopeasti, mikä on tärkeää myös hiilensidonnan kannalta.

Turvetuotantoalueiden lannoituksessa on järkevää suosia puuntuhkaa, mikäli sitä on saatavilla. Lannoitukseen soveltuvaa puuntuhkaa on mahdollista saada ra-

keistettuna lannoitevalmistajilta tai myös suoraan puuta polttoon käyttäviltä laitoksilta. Polttolaitoksille tuhka on yleensä ongelmajätettä, joka tulee toimittaa kaatopaikoille maksua vastaan, mikäli tuhkalle ei löydy muuta kohdetta. Näin ollen polttolaitosten tuhka on yleensä halpaa tai parhaassa tapauksessa maksutonta. Mikäli lähialueelta saadaan tuhkaa polttolaitokselta, lannoituksesta koituva kustannus muodostuu näin ollen lähinnä tuhkan kuljetuksesta ja levityskustannuksesta.

10.1.2 Kasvatusmenetelmät

Hieskoivikkoa kannattaa kasvattaa tiheikkönä ja näin ollen taimikonhoidolle ja harvennushakkuille suonpohjien hieskoivikoissa tulee olla muita arvoja, kuin taloudelliset seikat. Taimikonhoito ja harvennus voidaan tehdä, mikäli esimerkiksi maisemalliset arvot vaativat tai jos halutaan vapauttaa tilaa kuusialikasvokselle. Kannattava kiertoaika hieskoivun energiapuunkasvatuksessa suonpohjilla on tutkimusten mukaan yli 20 vuotta, mutta tämän jälkeen korjuu voidaan varmaankin tehdä kysynnän tai muiden tarpeiden mukaan. Toinen puusukupolvi saadaan aikaan vesoista tai mahdollisesti luontaisesti koivikon alle syntyneestä kuusialikasvoksesta.

Turvetuotantoalueille on rakennettu kestävä ja kattava tieverkosto jo turvetuotantoa varten, mikä on metsätalouden harjoittamisen kannalta suurena hyötynä. Alueet ovat myös yleensä laajoja, mahdollistaen jatkossa suuria korjuukokonaisuuksia. Suurin osa alueista on varmasti mahdollista korjata kesän aikana, mutta osalla alueesta korjuu onnistunee vain maan jäätyneenä ollessa. Toisaalta korjuukalustoa kehitetään koko ajan pehmeämmille maille soveltuviksi, joten tämäkään tuskin muodostuu suureksi ongelmaksi tulevaisuudessa. Laajat hakkuualueet myös takaavat hyvät olosuhteet energiapuun pinoissa tapahtuvalle kuivaukselle korjuukohteella.

10.1.3 Ehdotuksia toiminnan kehittämiseen

Metsänhoito-ohjeeseen olisi järkevää kirjoittaa oma osio turvetuotantoalueiden vaihtoehtoisista jälkikäytön mahdollisuuksista, tai tehdä Metsähallituksen Ahjo-osaamisympäristöön oma kurssi aiheeseen liittyen. Ohjeistuksessa tulisi huomioida sekä laatupuun kasvatuksen että energiapuun kasvatuksen mahdollisuudet, mutta myös kaikki muut jälkikäytön muodot. Ensisijainen vaihtoehto lienee kuitenkin puuntuotanto.

Päädyttäessä jälkikäytön osalta energiapuun kasvatukseen olisi järkevää koota yhteenvetolista asioista, jotka metsittämisessä tulee ottaa huomioon. Näitä huomioitavia asioita ovat mm. mahdolliset vesitalouden järjestelyt, maaperäselvitys, lannoitus sekä tarvittavat viljelytoimenpiteet.

10.2 Kannattava energiapuun kasvatus turvemaiden hieskoivikoissa

Metsähallituksen hallinnoimilla mailla hieskoivuvaltaiset turvemaan metsiköt ovat tietokantahakujen perusteella yleensä pienialaisia ja suhteessa havupuuvaltaisiin metsikköihin erittäin harvalukuisia.

Metsähallituksen tekemien uudistushakkuiden ja niihin liittyvien uudistamistöiden jälkeen kaikki taimikot käydään tarkastamassa yleensä kahteen kertaan viljelytöiden jälkeisinä vuosina, 3–10 vuoden iässä. Näin pyritään varmistamaan toteutetun viljelytoimenpiteen onnistuminen sekä mahdolliset taimikonhoitotöiden tarpeet. Taimikoiden tarkastus tehdään kattavasti, joten Metsähallituksen hallinnoimille maille ei periaatteessa pitäisi syntyä tilanteita, jolloin lehtipuusto valtaa havupuulle viljeltyä alaa.

Metsähallituksen hallinnoimilla mailla on kuitenkin alueita, joilla turvemaiden nuoria hieskoivikoita esiintyy yleisesti. Suomessa runsaslukuisimpina hieskoivikoita esiintyy Pohjanmaan maakunnissa sekä Etelä-Lapin alueella, mikä kuvaa hyvin tilannetta myös Metsähallituksen mailla. Näitä jo olemassa olevia nuoria hies-

Energiapuun kysyntä ja hinta voi kuitenkin muuttua lähitulevaisuudessa, jolloin hieskoivikoita voisi olla mahdollista korjata kannattavasti myös pidemmiltä kuljetusmatkoilta. Metsän kasvatusta on kuitenkin erittäin pitkäjänteistä toimintaa ja mikäli halutaan varautua tulevaan, täytyy päätöksiä pystyä tekemään myös tulevaisuuden odotuksiin ja näkymiin perustuen.

10.2.1 Turvemaiden hieskoivikoiden käsittely

Turvemaiden hieskoivikoiden käsittelytavat Metsähallituksessa ovat varsinkin menneinä vuosikymmeninä vaihdelleet paljon toiminta-alueittain. Nykyään osalla metsätiimeistä on jo vakiintuneet käytännöt turvemaiden hieskoivikoiden hoitoon, jotka ovat hyvin pitkälle tiheikkökasvatuksen periaatteiden mukaisia. Käytännöt vaihtelevat kuitenkin metsätiimien välillä ja jopa yhden tiimin sisällä suunnittelijoiden kesken.

Metsähallituksen suunnittelijoiden työtä ohjaavassa Metsänhoito-ohjeessa ei vaihtoehtona ole mainittu turvemaiden hieskoivikoiden tiheikkökasvatusta. Metsänhoito-ohjeen mukaan hieskoivikon taimikonhoidon jälkeinen runkolukusuositus on 1600–2500 runkoa hehtaarilla. Uusimmissa Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion (myöhemmin Tapio) laatimissa hyvän metsänhoidon suosituksissa hieskoivuvaltaisten taimikoiden hoidon jälkeinen runkolukusuositus on 2000–2500 runkoa hehtaarilla. Viitaten myös aiemmin esitelyihin Luonnonvarakeskuksen tekemiin tutkimuksiin, turvemaiden hieskoivikoiden voimakas, matalaan runkolukuun tähtäävä taimikonharventaminen, aiheuttaa kasvutappiota, heikentäen koko kiertoajan kannattavuutta. Etenkin toimittaessa alueella, jossa turvemaan hieskoivikkoa ei yleisesti voi kasvattaa tukkipuuksi, hieskoivikoiden hoidon jälkeinen runkolukusuositus olisi syytä korjata samaan tasoon Tapion suositusten kanssa myös Metsähallituksen Metsänhoito-ohjeeseen sekä sitä kautta viedä käytännön toimintaan. Turvemaiden osalta olisi myöskin järkevää käyttää pääsääntöisesti suosituksen yläpäättä, pyrkien jättämään hoidon jälkeisen runkoluvun vähintään 2500 runkoon hehtaarilla.

Taimikonhoidon voi tutkimusten mukaan jättää myös kokonaan tekemättä turvemaiden hieskoivikossa kokonaiskannattavuuden siitä kärsimättä ja etenkin, jos tavoitellaan energiapuuta. Turvemaiden viivästyneiden (yli 5 m) hieskoivutaimikoiden hoito sekä ennakkoraivausta vaativat ensiharvennuskohteet olisi kannattavaa jättää järjestelmällisesti käsittelyjen ulkopuolelle ja kasvattaa tiheikkönä päätehakkuuseen asti. Tähän poikkeuksena Etelä-Suomen viljavat kohteet, joilla on mahdollista kasvattaa hieskoivikko tukkipuun mittoihin sekä kohteet, joissa halutaan vapauttaa tilaa jo olemassa oleville havupuille.

Tapion hyvän metsänhoidon suosituksissa hieskoivikot, joille taimikonhoito on aikanaan tehty, suositellaan Etelä-Suomessa harvennettavaksi 13–15 metrin pituudessa tiheyteen 900–1200 runkoa hehtaarilla. Vaihtoehtoinen malli Etelä-Suomeen on kasvattaa ilman taimikonhoitoja, jolloin myöskään harvennushakkuuta ei tehdä. Pohjoisen Suomen osalta Tapion mallit eivät suosittele harvennushakkuuta myöskään turvemaiden hieskoivikoille, joille on taimikonharvennus aikanaan tehty, mikäli ei haluta vapauttaa tilaa kuusialiskasvokselle.

Hoitamattomien tiheiden hieskoivikoiden osalta Tapion suositukset ovat samankaltaisia, kuin Luonnonvarakeskuksen tutkimuksissa kannattavimmiksi todetut kasvatusvaihtoehdot. Hieskoivikot voidaan kasvattaa ilman harvennuksia lyhyellä kiertoajalla tai erittäin lievästi ensiharventaen tiheyteen 1500–2500 runkoa hehtaarilla, minkä jälkeen puustoa ei enää käsitellä ennen päätehakkuuta. Poikkeuksen tekevät kohteet, joilla on mahdollista kasvattaa tukkipuuta eli lähinnä eteläisen Suomen alueella.

10.2.2 Kasvatuskohteiden valinta

Turvemaiden hieskoivikoiden tiheikkökasvatuksella olisi mahdollista saada Metsähallituksen hallinnoimiin metsiin energiapuun korjuuvarantoa, oletetusti lisääntyvään energiapuun tarpeeseen. Kuten aiemmin on jo tullut ilmi, tiheikkökasvatus on myös erittäin joustava tuotantomuoto, jolloin korjuuajankohta voidaan päättää vallitsevien puutavaralajien markkinatilanteiden mukaan.

Hieskoivun voimakasta vesomista voisi olla mahdollista hyödyntää myös uudistamisvaiheessa, jolloin turvemaiden päätehakattuja kuvioita voisi jättää vesottumaan luontaisesti hieskoivikoksi. Yleensä korjuun aikana maanpinta rikkoutuu ainakin paikoittain ja rikkoutuneelle turvepinnalle taimettuu helposti myös siemensyntyistä koivua sekä havupuita.

Luontaisesti uudistumaan voisi jättää esimerkiksi yksittäisiä pienialaisia turvemaiden kuvioita, joilla jo ennen hakkuuta on kasvanut pieniläpimittaista hieskoivua. Näiden kohteiden uudistaminen havupuulle täytyy usein tehdä kalleimmalla menetelmällä, ojitusmätästäen ja istuttaen, joten luontainen uudistaminen hieskoivulle voisi olla koko kiertoajan kannattavuutta mitaten parempi vaihtoehto.

Laajassa mittakaavassa ei kuitenkaan liene järkevää lähteä tietoisesti lisäämään hieskoivikoiden määrää pienentämällä havupuulle viljeltävää alaa, vaan hyödyntää nuoria, jo olemassa olevia hieskoivutiheiköitä. Näitä voidaan hyödyntää energiapuuna joustavasti, silloin kun markkinatilanne siihen kannustaa.

10.2.3 Toiminnan kehittäminen turvemaiden hieskoivikoissa

Metsähallituksen ohjeissa turvemaiden hieskoivikoiden käsittelyyn ei ole yhtenäistä toimintamallia, vaan eri alueille on muodostunut hieman toisistaan poikkeavia toimintatapoja. Metsähallituksen metsänhoito-ohjeeseen voisi olla järkevää kirjoittaa kappale turvemaiden hieskoivikoiden kasvatuksesta, pohjautuen uusimpiin tutkimustuloksiin. Tärkeimpinä seikkoina tulisi huomioida, että turvemaiden hieskoivikoiden harventaminen ei yleensä kannata ja tiheikkönä kasvataminen tuottaa myös energiapuuta, kuitenkin kiertoajan kokonaiskannattavuuden siitä kärsimättä. Markkinoiden tarpeiden mukaan, kiertoaikaa jatkamalla, tiheiköt olisi kuitenkin mahdollista kasvattaa myös kuitupuuksi.

Tiheikkönä kasvatettaessa taloudellisesti kannattavin kiertoaika turvemaiden hieskoivikoilla on tutkimusten mukaan noin 40–45 vuotta, jolloin puusto korjataan kokopuuna. Korjuukaluston tulee olla kuitenkin olla oikeanlainen, että toiminta on kannattavaa. Parhaiten energiapuutiheikköjen korjuuseen soveltuu keräävillä

kaatopäillä varustetut monitoimikoneet. Oikeanlaista, tehokasta kalustoa on varmasti saatavilla Metsähallituksen kohteille, etenkin jos energiapuutoiminta kasvaa lähivuosina.

11 Pohdinta

Opinnäytetyön kehittämistehtävässä esitetyt johtopäätökset perustuvat hyvin pitkälle Luonnonvarakeskuksen pitkäaikaisten tutkimusten tuloksiin. Luonnonvarakeskus (aiemmin Metsäntutkimuslaitos) on tutkimus- ja asiantuntijaorganisaatio, joka on kehittänyt metsäalaa Suomessa jo sadan vuoden ajan. Se on sitoutunut organisaatio, jonka tuottamia tieteellisiä tutkimustuloksia pidetään erittäin luotettavina. Näin varmasti voidaan todeta myös tutkimusten osalta, joiden pohjalle opinnäytetyön johtopäätökset perustuvat.

Huomattavaa on kuitenkin, että Luonnonvarakeskus on käyttänyt turvetuotantoalueiden hieskoivutiheiköiden kannattavuutta käsittelevissä laskelmissa hakkeen toimituskosteutena 40 %. Toimituskosteutta on mahdollista tuosta vielä pienentää rankapuun varastopaikkojen huolellisella sijoittelulla sekä pinojen peittelyllä. Hakkeen toimituskosteuden pienentämisellä voidaan vaikuttaa energiapuutoiminnan kannattavuuteen huomattavasti.

Turvetuotantoalueiden osalta Metsähallituksen Kiinteistökehitykseltä saatu sopimuslistaus oli ajantasainen, mutta itse tuotantoalueiden ja tuotannosta vapautuvien alueiden osalta jouduttiin käyttämään hieman tulkintaa. Oletettavasti sekä tuotannossa olevat määrät että vuosittain tuotannosta vapautuvat määrät ovat kuitenkin lähellä oikeita. Turvetuotannon lopettamisvuoteen vaikuttaa myös usein ennakoimattomia ongelmia, kuten sääolosuhteet tai poliittiset päätökset ja markkinoiden heilahtelut, jotka voivat aiheuttaa tuotannon jatkumiseen jopa vuosia arvioitua pidempään. Edellä mainituista seikoista johtuen, yksittäisen kohteen tuotannon lopettamisvuoden määrittely tulevaisuuteen on hankalaa. Tästä johtuen tulevien vuosien vapautuvia alueita ei pystytty esittämään paikkatietona, mikä varmasti olisi ollut hyödyllistä tietoa.

Lyhytkiertoviljelyn kannattavuutta tuotannosta vapautuvilla turvetuotantoalueilla olisi syytä tarkastella myös suhteessa muihin mahdollisiin käyttömuotoihin. Esimerkiksi havupuun kasvatuksen kannattavuutta voisi olla järkevää verrata lyhytkiertoviljelyn kannattavuuteen tarkemmilla laskelmilla.

Alun perin tarkoituksena oli sisällyttää opinnäytetyöhön myös muutamia esimerkiksi kikohteita teemoihin liittyen. Kohteiden kartoittaminen sekä ravinne- ja maaperä-analysointien ottaminen täytyisi kuitenkin tehdä sulan maan aikana, joten vuodenaika ei tätä lopulta mahdollistanut.

Lähteet

- Ferm, A. 1988. Hieskoivun kasvatusta soilla. Kannus: Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 322, 40–50.
- Hakkila, P. (toim.). 1992. Metsäenergia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 422. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Heikkilä, R. 2008. Tuhot ja niiden torjunta. Teoksessa Niemistö, P., Viherä-Aarnio, A., Velling, P., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. (toim.). Koivun kasvatusta ja käyttö. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy, 156–174.
- Heikkinen, M. 2018. Suunnitteluasiantuntija. Metsähallitus Metsätalous Oy. Suullinen haastattelu 4.1.2018.
- Heino, E. & Hytönen, J. 2007. Lyhytkiertoviljely. Power Point -esitys. <https://asiakas.kotisivukone.com/files/vipustin.kotisivukone.com/Metsaenergia/lyhytkiertoviljely.pdf>. 2.12.2017.
- Hynynen, J., Kojola, S., Niemistö, P., Siren, M., Saksa, T. & Uotila, K. 2014. Metsäbioenergian tuotanto ja talteenotto. Teoksessa Huuskonen, S., Hynynen, J. & Valkonen, S. (toim.). Metsän kasvatusta – menetelmät ja kannattavuus. Porvoo: Metsäkustannus Oy, 131–141.
- Hytönen, J., Ahtikoski, A., Aro, L. & Jylhä, P. 2016. Short-rotation downy birch for energy on cutaway peatlands: cultivation, harvesting and financial performance. Tutkimusseloste.
- Hytönen, J., Aro, L., Ahtikoski, A. & Jylhä, P. 2016b. Hieskoivua energiaksi suonpohjilla: kasvatusta, korjuu ja kannattavuus. Power Point -esitys. Tapahtumassa: Suot biotalouden maailmassa; Helsinki 2.2.2016.
- Hytönen, J. & Aro, L. 2006. Suopellot ja suonpohjat puiden kasvualustoina. Julkaisussa Ahti, E., Kaunisto, S., Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim.). Suosta metsäksi – Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö. Tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947.
- Hytönen, J. & Aro, L. 2012. Biomass and nutrition of naturally regenerated and coppiced birch on cutaway peatland during 37 years. *Silva Fennica* 46 (3), 377–394.
- Hytönen, J., Aro, L., Beuker, E., Niemistö, P., Nurmi, J. & Saarsalmi, A. 2014. Hieskoivu, haapa ja leppä energiapuuna: kasvatusta korjuu ja ominaisuudet. Metlan työraportteja 289, 47–63.
- Hytönen, J. & Saarsalmi, A. 2015. Harmaaleppä energiapuuna. Metsätieteen aikakauskirja 3/2015, 153–164.
- Hytönen, J., Viherä-Aarnio, A., Beuker, E. & Jylhä, P. 2017. Puubiomassan uudet tuotantomahdollisuudet. Teoksessa Hynynen, J., Huuskonen, S. & Kojola, S. (toim.). Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 16/2017. METSÄ 150 - Metsänkasvatuksen keinot lisätä puuntuotantoa kestävästi ja kannattavasti. Helsinki: Luonnonvarakeskus, 62–83.
- Issakainen, J. & Huotari, N. 2007. Suopohjien metsittäminen -opas. Metsäntutkimuslaitos & Vapo.
- Jylhä, P. 2015. Metsähaketta kannattavasti hieskoivun lyhytkiertoviljelmiltä. <http://docplayer.fi/19124650-Metsahaketta-kannattavasti-hieskoivun-lyhytkiertoviljelmilta-case-hirvineva.html>. 15.1.2018.

- Jylhä, P., Hytönen, J. & Ahtikoski, A. 2015. Profitability of short-rotation biomass production on downy birch stands on cut-away peatlands in northern Finland. *Biomass and bioenergy* 75 (2015), 272–281.
- Jylhä, P., Hytönen, J. & Ahtikoski, A. 2015b. Energiapuun kasvatusta suonpohjilla. Lehtiartikkeli. *Bioenergia*, nro 6/2015.
- Kaidi. 2017. Kemin biojalostamo. <http://www.kaidi.fi/>. 9.9.2017.
- Karelia Ammattikorkeakoulu 2018. Opinnot/oppari/opinnaytetyö _asiakirjakirjasto/Karelia_opinnaytetyön_ohje.pdf. 1.3.2018.
- Kaunisto, S. & Aro, L. 1996. Metsä kasvaa jälleen. Teoksessa Nuuja, I & Selin, P. (toim.). Suopohjasta uutta voimaa. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 38–43.
- Kehä-keskus. 2017. TE-palvelut. Bioenergia-ala. <http://www.ammattinetti.fi/ammattialat/detail/24/955d98c80a653446012b8313d287f618>. 21.5.2017.
- Kuopion energia Oy. 2018a. Turvetuotantoalue ilmasta kuvattuna. Valokuva. <https://www.kuopionenergia.fi/yritys/tuotanto/turve/>. 27.3.2018.
- Kuopion energia Oy. 2018b. Turvetuotantoalue maan pinnan tasolta kuvattuna. Valokuva. <https://www.kuopionenergia.fi/yritys/tuotanto/turve/>. 27.3.2018.
- Luonnonvarakeskus. 2015. Suomen metsävaratietoja. <http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/vmi-mvarat.htm>. 26.11.2017.
- Luonnonvarakeskus. 2016. Pystykauppojen energiapuun puumäärä ja hinta laskevat. <https://www.luke.fi/uutiset/pystykauppojen-energiapuun-puumaara-ja-hinta-laskivat/>. 9.9.2017.
- Luonnonvarakeskus. 2017. Luonnonvarakeskuksen Metsäsektorin suhdannekatsaus 2017–2018: Sahatavaran vienti ja hakkuut jälleen uusiin ennätyksiin. <https://www.luke.fi/uutiset/luonnonvarakeskuksen-metsasektorin-suhdannekatsaus-2017-2018-sahatavaran-vienti-ja-hakkuut-jalleen-uusiin-ennatyksiin/>. 4.1.2018.
- Luonnonvarakeskus. 2018. Energiapuun kauppa. http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__04%20Talous__04%20Energiapuun%20kauppa/04_Energiapuu_puu-kauppamaarat_v.px/chart/chartViewColumn/?rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db. 14.3.2018.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2017. Uusiutuva energia. <http://mmm.fi/biotalous/bioenergia>. 8.9.2017.
- Metsäntutkimuslaitos. 2010. Energiapuu muuttaa turvemaiden hieskoivikoiden kasvatusta - harventaminen ei kannata. <http://www.metla.fi/uutiskirje/bio/2010-04/uutinen-2.html>. 9.12.2017.
- Metsähallitus. 2017a. Metsähallituksen organisaatio. <http://www.metsa.fi/organisaatiojatoimintatapa>. 20.11.2017.
- Metsähallitus. 2017b. Metsähallituksen ohjaus. <http://www.metsa.fi/metsahallituksenohjaus>. 20.11.2017.
- Metsähallitus. 2017c. Henkilötyövuodet. <http://www.metsa.fi/henkilotyovuodet>. 20.11.2017.
- Metsähallitus. 2017d. Metsätalous. <http://www.metsa.fi/metsatalous>. 21.12.2017.
- Metsähallitus. 2017e. Puun myynti teollisuudelle. <http://www.metsa.fi/puun-myynti-teollisuudelle>. 17.12.2017.

- Metsähallitus. 2017f. Energiapuu. <http://www.metsa.fi/tuotteet/energiapuuta>. 17.12.2017.
- Moilanen, M. 2005. Suometsien lannoitus. Julkaisussa Ahti, E., Kaunisto, S., Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim.). Suosta metsäksi. Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947, 134–136.
- Motiva Oy. 2017. Uusiutuva energia Suomessa. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa. 10.9.2017.
- Myllymäki, S. 2017b. Metsähallitus Metsätalous Oy – Energiapuuliiketoiminta. Power Point -esitys 30.10.2017.
- Myllymäki, S. 2018. Asiakkuuspäällikkö. Metsähallitus Metsätalous Oy. Suullinen haastattelu. 13.11.2017.
- Niemistö, P. 2013. Effect of growing density on biomass and stem volume growth of downy birch stands on peatland in Western and Northern Finland. *Silva Fennica* vol. 47 article id 1002. <https://doi.org/10.14214/sf.1002>. 9.12.2017.
- Niemistö, P., Kojola, S., Ahtikoski, A. & Laiho, R. 2017. From useless thickets to valuable resource? - Financial performance of downy birch management on drained peatlands. *Silva Fennica* vol. 51 no. 3 article id 2017. <https://doi.org/10.14214/sf.2017>. 26.11.2017.
- Niemistö, P. 2016. Turvemaan hieskoivutiheikön kasvatuksen ja harventamisen kannattavuus Pohjanmaan ja Lapin turvemailla.
- Niemistö, P. 2012. Harventamaton hieskoivutiheikkö – edullinen energiapuureservi. Power Point -esitys. 19.4.2012.
- Pitkänen, M. 2018. Luontaisesti syntynyt nuori hieskoivutiheikkö. Valokuva. <http://personal.inet.fi/yritys/palkaneenmetsa-jaerapalvelut/metsapalvelut.htm>. 27.3.2018.
- Saksa, T., Hynynen, J., Hytönen, J. & Niemistö, P. 2012. Metsäbiomassan lisääntyvä käyttö muuttaa metsänhoitoa. *Metlan työraportteja* 240, 83–96.
- Saramäki, J. 1981. Hieskoivun kasvu ja kasvatus Pohjanmaalla ja Kainuussa. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 3.
- Selin, P. 1996. Suopohjien tulevaisuus. Teoksessa Nuuja, I & Selin, P. (toim.). Suopohjasta uutta voimaa. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 122–133.
- Soikkeli, P. & Kiljunen, N. 2015. Soiden biomassaltaan -projektin loppuraportti. Metsähallitus.
- Sitra. 2017. Biotalous. <https://www.sitra.fi/aiheet/biotalous/>. 8.9.2017.
- Stora Enso. 2017. Energiapuu – Mitä se on? https://www.storaenso-metsa.fi/energiapuu-mita-se/?utm_referer=https%3A%2F%2Fwww.google.fi%2F. 6.11.2017.
- Tilastokeskus. 2017a. Uusiutuvan energian osuus kokonaisenergiasta 2016. http://www.stat.fi/til/ehk/2016/04/ehk_2016_04_2017-03-23_kuv_013_fi.html. 6.11.2017.
- Tilastokeskus. 2017b. Energiatilasto 2016. <http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset%5Fjulkaisut/energia2016/>. 7.9.2017.
- Tilastokeskus. 2017c. Energian hankinta ja kulutus - 3. vuosineljännes 2017. http://www.stat.fi/til/ehk/2017/03/ehk_2017_03_2017-12-20_tie_001_fi.html. 4.1.2018.
- Turveteollisuusliitto ry. 2008. Turveteollisuusalueiden jälkikäyttö – Opas alan toimijoille. Tampere: Turveteollisuusliitto ry.

- Työ- ja elinkeinoministeriö 2017. Taustaraportti kansalliselle energia- ja ilmastostrategialle vuoteen 2030.
- Valtioneuvosto, 2017. Hallitusohjelman toteutus ja kärkihankkeet. <http://valtioneuvosto.fi/hallitusohjelman-toteutus/biotalous>. 25.11.2017.
- Vanhatalo, K., Väisänen, P., Joensuu, S., Johnny, S., Koistinen, A. & Äijälä, O. (toim.) 2015. Soiden erityistapauksia. Teoksessa Suometsien hoito - Hyvän metsänhoidon suositukset, työopas. Tapion julkaisuja. Porvoo: Metsäkustannus Oy, 58–60.
- Verkasalo, E. 2007. Hieskoivu metsänuudistamisessa - Mitä tilaa ja saako sitä. Power Point -esitys, Metsänuudistamisen teemapäivä, Joensuu 23.8.2007.
- Ympäristöministeriö, maa- ja metsätalousministeriö ja työ- ja elinkeinoministeriö. 2015a. Suomen ilmastopolitiikka - kohti vähähiilistä ja energiatehokasta yhteiskuntaa.
- Ympäristöministeriö, maa- ja metsätalousministeriö ja työ- ja elinkeinoministeriö. 2015b. Suomen biotalousstrategia.
- Ympäristöministeriö, maa- ja metsätalousministeriö ja työ- ja elinkeinoministeriö. 2015c. Puu ja metsä. <http://www.biotalous.fi/puu-ja-metsa/>. 8.9.2017.